

# **VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Hornicko – geologická fakulta**

**Institut environmentálního inženýrství**

## **NÁVRH PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ NA VÝŠKOVICKÉM POTOKU**

diplomová práce

**Autor:**

Bc. Eva Bebčáková

**Vedoucí diplomové práce:**

doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Eva Bebčáková**  
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou  
Téma: Návrh protipovodňového opatření na Výškovickém potoce  
The proposal flood protection measures to watercourse in the town part  
Ostrava - Výškovice

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Popis stávajícího stavu a hydrologických poměrů
3. Specifikace problémů
4. Principy řešení (legislativní, technické)
5. Posouzení možných variant řešení a rozpracování doporučené varianty řešení
6. Závěr

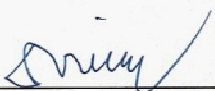
Seznam doporučené odborné literatury:


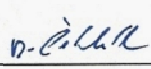
1. VÁCLAVÍK, V. Účelové vodohospodářské nádrže, Ostrava (2007), ISBN 978-80-248-1336-3.
2. VRÁNA, K., J. BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Skripta ČVUT, Vydavatelství ČVUT, Praha (1998).
3. BÉM, J., K. JIČÍNSKÝ. Hydraulika v příkladech. Ediční středisko ČVUT, Praha (1982).
4. HASÍK, O., DOSTÁLOVÁ, J. Vodní stavitelství. Skripta VŠB-TUO, Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava (2002).
5. SLAVÍKOVÁ, L. a kol. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, Praha, 2007, 82s., ISBN 978-80-86684-48-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013  
Datum: 30.04.2014

  
prof. Ing. Vojtěch Dirner, CSc.  
vedoucí institutu

  
  
prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

## Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution - NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

Bc. Eva Bebčáková

## **Anotace**

V diplomové práci je zpracován návrh protipovodňového opatření na Výškovickém potoce. V teoretické části práce je popsán současný stav lokality s klimatickými, hydrologickými a pedologickými poměry. Následuje lokální vytipování problému, jeho legislativní a technické řešení. V závěru teoretické části práce je shrnuta problematika povodní, protipovodňová opatření i protipovodňová opatření v zahraničí. Praktická část řeší návrh nové retenční nádrže, návrh výpustného zařízení a bezpečnostního přelivu. Návrh obsahuje hydrotechnické výpočty, textovou část a výkresovou dokumentaci, která je složena z výkresů situace, podélného profilu nádrže, podélného profilu hráze, vzorového příčného řezu hráze, řezu a půdorysu funkčního objektu.

Klíčová slova: povodeň, retenční nádrž, hráz, přívalový déšť, protipovodňová ochrana.

## **Annotation**

The thesis processed the proposal flood protection measures Výškovický stream. The theoretical part describes the actual state of locality with climatic, hydrological and pedological conditions. Next is local identification of the problem, legislative and technical solutions of it. At the end of theoretical part of thesis is summing up flooding issues, flood control and flood proposal measures abroad. The practical part solves the proposal of a new retention reservoir, the design of eductive equipment and safety spillway. The proposal includes hydrotechnical calculations, text part and drawings documentation, which is composed of drawing situation, the longitudinal profile of the tank, longitudinal profile of the dam, the model cross-section of the dam, section and ground plan of functional object.

Keywords: flood, retention reservoir, dam, torrential rain, flood protection measures.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vojtěchu Václavíkovi, Ph. D. za odborné vedení a pomoc při tvorbě diplomové práce, konzultantovi Ing. Čestmíru Krkoškovi z podniku Hydroprojekt a.s. Ostrava za cenné rady. V neposlední řadě také děkuji své rodině za léta podpory při studiích.

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Popis stávajícího stavu a hydrologických poměrů.....</b>	<b>2</b>
2.1. Popis zájmového území.....	2
2.2. Klimatické poměry.....	3
2.3. Hydrologické poměry.....	4
2.4. Pedologické poměry.....	5
2.5. Popis stávajícího stavu.....	6
<b>3. Specifikace problémů.....</b>	<b>7</b>
3.1. První retenční nádrž.....	7
3.2. Druhá retenční nádrž.....	9
3.3. Třetí retenční nádrž.....	10
<b>4. Princip řešení ( legislativní, technické ).....</b>	<b>12</b>
4.1. Legislativní principy řešení.....	12
4.1.1. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon ).....	12
4.1.2. Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) .....	12
4.1.3. Předpis č. 114/1992 Sb. zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny.....	12
4.1.4. Předpis č. 185/2001 Sb. zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů .....	13
4.1.5. ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.....	13

4.2. Technické principy řešení.....	14
4.2.1. Účel malých vodních nádrží.....	14
4.2.2. Podklady pro návrh.....	14
4.2.3. Technické řešení malých vodních nádrží.....	16
4.2.3.1. Hráz.....	17
4.2.3.2. Homogenní hráze.....	17
4.2.3.3. Nehomogenní hráze.....	18
4.2.3.4. Materiál pro stavbu hrází.....	18
4.2.3.5. Vlastnosti zemin při výstavbě hrází.....	20
4.2.3.6. Návrh příčného profilu hráze.....	21
4.2.3.7. Těsnící prvek hráze.....	22
4.2.3.8. Filtry.....	23
4.2.3.9. Patní drén.....	23
4.2.3.10. Opevnění návodního a vzdušního líce hráze.....	24
4.2.3.11. Objekty nádrží.....	24
4.2.4. Povodně obecně.....	26
4.2.4.1. Povodeň.....	26
4.2.4.2. Povodňová vlna.....	27
4.2.4.3. Protipovodňová opatření.....	28
4.2.4.4. Protipovodňová opatření v zahraničí.....	28
<b>5. Posouzení možných variant řešení a rozpracování doporučené varianty řešení.....</b>	<b>30</b>

5.1. Varianta A.....	30
5.2. Varianta B.....	30
5.2.1. Výpočet množství vody v uzavírajícím profilu.....	30
5.2.2. Výpočet kapacity koryta Výškovického potoka .....	33
5.2.3. Charakteristiky nádrže.....	35
5.2.3.1. Vzorový výpočet objemu zátopy z plochy.....	35
5.2.4. Transformace povodňové vlny.....	36
5.2.4.1. Výpočet transformace povodňové vlny pro $Q_{100}$ .....	36
5.2.4.2. Výpočet transformace povodňové vlny pro $Q_{50}$ .....	38
5.2.5. Návrh hráze .....	39
5.2.6. Materiál hráze.....	39
5.2.7. Založení hráze.....	39
5.2.8. Návrh patního drénu .....	39
5.2.9. Svahy nádrže.....	40
5.2.10. Bezpečnostní přeliv.....	40
5.2.10.1. Výpočet délky přelivné hrany bezpečnostního přelivu.....	40
5.2.10.2. Koryto navazující na bezpečnostní přeliv.....	41
5.2.11. Výpustné zařízení.....	43
5.2.11.1. Výpočet pro beztlakové proudění v potrubí.....	43
5.2.12. Výpočet kapacity stávajícího koryta Výškovického potoka od spodní výpusti.....	44
5.2.13. Výpočet kapacity upraveného koryta toku od spodní výpusti.....	46



5.2.14. Napojení na zatrubněnou část Výškovického potoka.....	47
<b>6. Závěr.....</b>	<b>48</b>
Seznam literatury.....	49
Seznam obrázků.....	52
Seznam tabulek.....	53
Seznam příloh.....	54

## Seznam zkratek

BP	Bezpečnostní přeliv
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	Česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DN	Jmenovitá světlost potrubí v [mm]
EU	Evropská unie
GM	Štěrk hlinitý
MVN	Malé vodní nádrže
SN	Suché nádrže
ŽB	Železobeton

## 1. Úvod

Názor odborníků, že povodně jsou přirozený přírodní jev a říční nivy jsou zaplavovány přirozeně, není vždy přijímán s pochopením. Naproti tomu se lze často setkat s názorem, že si člověk povodně působí sám, např. devastací krajiny. Člověk, jenž ovlivňuje krajinu již od neolitu, má na svědomí nejméně jeden negativní zásah do krajiny. Nic však nelze srovnat s devastací, kterou přinesl v 2. polovině 20. století socialismus. Souvisela především s intenzifikací zemědělské výroby, s nevhodnými pozemkovými úpravami a melioracemi i s likvidací trvalých travních porostů. Vedle devastace zemědělské půdy došlo v důsledku znečištěného ovzduší také ke katastrofálnímu úhynu lesa. Krom toho se ve velké míře prováděly nevhodné úpravy vodních toků. Je zřejmé, že tak zásadní a plošně rozsáhlé zásahy snížily retenční i retardační schopnosti krajiny a nežádoucím způsobem urychlily odtok srážkové vody. Nelze popřít, že člověk svou činností průběh a důsledky povodní zhoršil, nic to však nemění na skutečnosti, že povodně jsou přírodní fenomén, jemuž se můžeme bránit jen do určité míry [1].

Obecnou zásadou strukturálních opatření krajinného inženýrství na povodích je řešit problémy přímo v místech, kde vznikají. Nádrže v rámci protipovodňové ochrany by neměly být navrhovány jako prvek jediný či první, ale jen v případě nezbytné potřeby jako prvek závěrečný – výsledek hydrologického dopočtu. Je pochopitelné, že žádná retenční nádrž vzniku hydrologických extrémů či vodní erozi půdy uvnitř povodí nezabrání [2].

Diplomová práce řeší protipovodňovou ochranu z hlediska technického a to výstavbou retenční nádrže na Výškovickém potoce v Ostravě, je rozdělená na část teoretickou a část praktickou.

Teoretická část se zabývá popisem stávajícího stavu, hydrologických, klimatických a pedologických poměrů řešeného území, legislativním a technickým řešením výstavby. Stručně jse zde popsáno co je povodeň, povodňová vlna a protipovodňová opatření v ČR i v zahraničí. Jsou zde prezentovány i výsledky vybraných variant řešení a rozpracování vybrané varianty řešení.

Praktická část diplomové práce obsahuje výkresovou dokumentaci ( viz. Přílohy ). Jedná se o výkresy situace, podélný profil nádrže, podélný profil hráze, řez a půdorys funkčního objektu a příčný řez tělesa hráze.

## 2. Popis stávajícího stavu a hydrologických poměrů

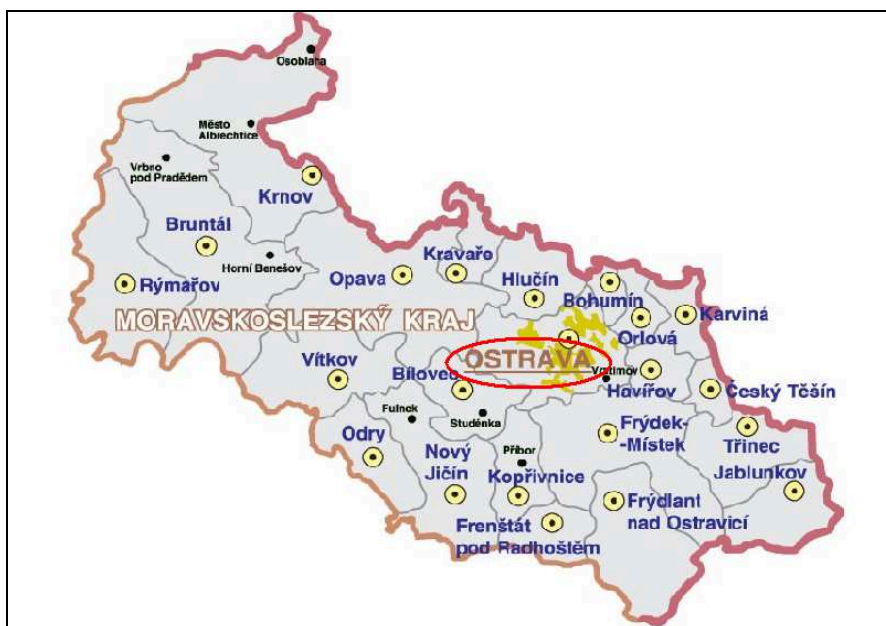
### 2.1. Popis zájmového území

Výškovický potok se nachází v Bělském lese ve městě Ostrava. Bělský les leží částečně v městském obvodu Ostrava-Jih a zasahuje i na část území obce Stará Bělá.

Městský obvod Ostrava-Jih se rozkládá na území tří původních obcí – Zábřeh nad Odrou, Výškovice, Hrabůvka a tvoří ho ještě další dvě části – sídliště Dubina a Bělský Les. Zaujímá plochu 17 km<sup>2</sup>. V současné době je charakterizován jako nejlidnatější území Ostravy a tím i jako jedno velké sídliště. Počet obyvatel obvodu se pohybuje okolo čísla sto patnáct tisíc, což by jako samostatné město bylo páté největší v České republice [3].

Obec Stará Bělá je jedním z 23 městských obvodů statutárního města Ostravy, který vznikl 24. listopadu 1990 rozdělením působnosti bývalého obvodního národního výboru Ostrava 3. Leží asi 10 km jihovýchodně od jejího centra, ale rozrůstající se sídliště proniká až na její katastr. Přes blízkost průmyslového centra si dodnes udržela svůj venkovský ráz.

Název obce je odvozen podle potoka Starec, původně nazvaný Bělá. Seskupením těchto dvou pojmenování vznikl název Stará Bělá. Navzdory tomu, že nadmořská výška katastru obce nepřesahuje 300 metrů, je terén poměrně členitý. K 31. 12. 2010 žije v obci 3 840 obyvatel a celková rozloha obvodu se rozprostírá na 13,94 km<sup>2</sup> [4].



Obrázek 1 - Mapa Moravskoslezského kraje [5]

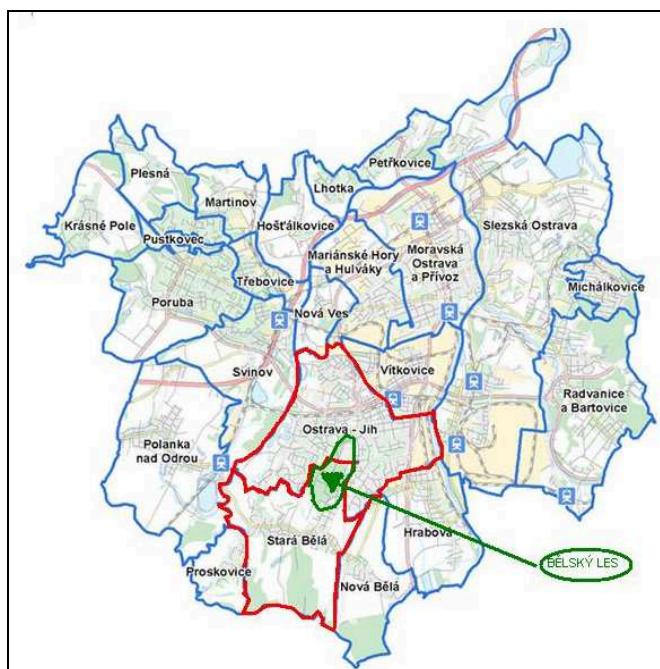
**Bělský les:** Ještě před sedmdesáti lety byl dnešní Bělský les znám více jako les Studna. Své jméno získal před mnoha staletími a dokládá jej například listina z počátku 17. století popisující majetek tehdejšího zábřežského panství [6].

Bělský les, mající nyní charakter lesoparku, se rozkládá na ploše 160 ha v katastru Staré Bělé a Výšovic. Les byl od konce 13. století součástí lesního statku Stará Bělá. V 17. století koupila statek olomoucká kapitula. Zpočátku se jednalo o les jedlový, hojně tu

rostl, také buk, dub a lípa, v 18. století přibýly jehličnany a břízy. V roce 1931 les koupila Moravská Ostrava, aby získala přístup k pramenům pro městský vodovod a v několika následujících letech vybudovala potřebná jímací a vodárenská zařízení. Severovýchodní část lesa byla již před druhou světovou válkou zabrána vojskem.

V 70. letech minulého století byla severní část lesa, bezprostředně navazující na bytovou zástavbu, upravena na lesopark s minigolfem a dětským hřištěm. Byl zde také zřízen areál zdraví.

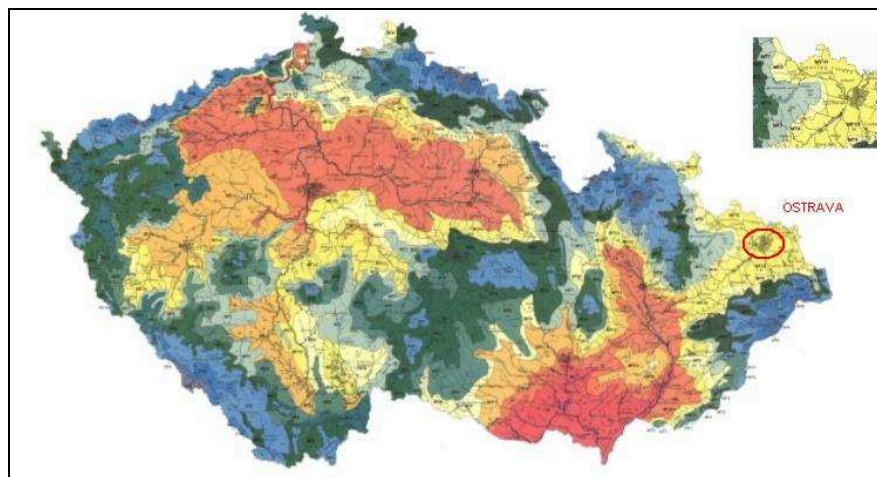
Z jižní části města je Bělský les především místem ideálním pro vycházky a sport. Obdivuhodné jsou některé místní stromy, zejména buky, nečekané je i množství zdejších pramenů, mnohdy velmi skrytých. Celý les je protkán sítí cest a cestiček pro chodce, běžce, cyklisty [7].



Obrázek 2 - Městské obvody - Ostrava [8]

## 2.2. Klimatické poměry

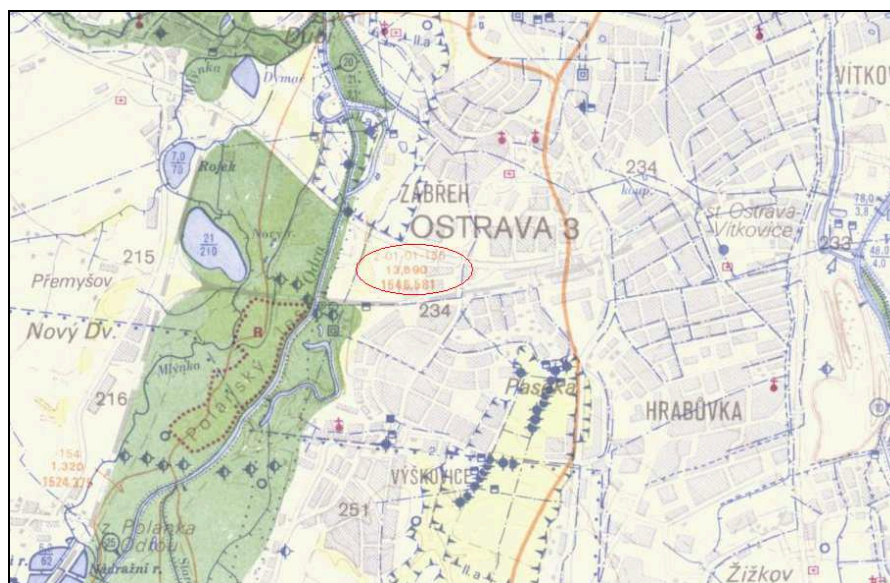
Určené z klimatické mapy pro regiony České republiky. Na obrázku 3 je vyznačen klimatický region, ve kterém se nachází město Ostrava. Ostrava leží v klimatickém regionu MT10, což představuje region mírně teplý. Region MT10 se vyznačuje tím, že počet letních dnů v roce se pohybuje v rozmezí 40-50, počtem mrazových dní v roce 110-130 a počtem ledových dní v roce v rozmezí 30-40. Průměrné teploty měsíce ledna dosahují hodnot  $-2$  až  $-3$  °C a průměrné hodnoty teplot v měsíci červenci 17 až 18 °C. Srážkový úhrn ve vegetačním období 400-450 mm, srážkový úhrn v zimním období 200-250 mm [9].



Obrázek 3 - Klimatické regiony České republiky [9]

### 2.3. Hydrologické poměry

V Bělském lese pramení Výškovický potok, který ústí do řeky Odry. Hydrologické pořadí toku je 2-01-01-156, plocha povodí je 13,690 km<sup>2</sup> [10].



Obrázek 4 - Výřez z Vodohospodářské mapy, Výškovický potok [10]

Tabulka 1 - N-leté průtoky v zájmovém profilu Výškovického potoka [11]

N	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N[m^3 \cdot s^{-1}]$	0,615	1,06	1,74	2,31	2,92	3,80	4,53



Tabulka 2 - Intenzity dešťů pro Ostravu [12]

Doba trvání deště [min]	Intenzita deště při periodicitě $n [l.s^{-1}.ha^{-1}]$								
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
5	137	193	242	293	360	411	461	527	577
10	86,7	130,0	167	204	254	290	328	377	415
15	65,6	98,9	128	157	198	229	260	302	333
20	52,5	79,2	103	128	163	190	218	255	283
30	38,3	58,4	76,3	95,7	123	144	167	197	220
40	30,4	46,8	60,9	77,1	99,2	117	137	161	181
60	22,0	33,7	44,2	56,1	73,1	87,0	102	121	136
90	15,7	24,3	31,9	40,8	53,2	63,7	74,9	89,5	101
120	12,5	19,0	25,2	32,4	42,4	50,8	60,1	72,0	81

## 2.4. Pedologické poměry

Bělský les leží převážně v půdní části nazývané pseudoglej modální. Pseudogleje jsou charakterizovány výskytem výrazného mramorovaného, redoximorfního diagnostického horizontu. Vytvářejí se buď z pedogenně či litogenně zvrstvených event. nepropustných substátů. Jsou to půdy s udickým- periodicky akvickým vodním režimem. Pseudoglej modální, litogenní texturní diferenciace, resp. nepropustnost profilu ( $V_M > 30\%$  u zemědělských,  $V > 20\%$  u lesních půd). V okolí Bělského lesa se nejvíce vyskytují půdy luvizem oglejená a glej fluvický [14].

Luvizem modální je půda s výrazným procesem ilimerizace, posunu jílu v půdním profilu, čímž vzniká vybělený, eluviální luvický horizont a pod ním iluviální horizont s vyšším obsahem jílovitých částic, které tvoří povlaky na půdních částicích [15].

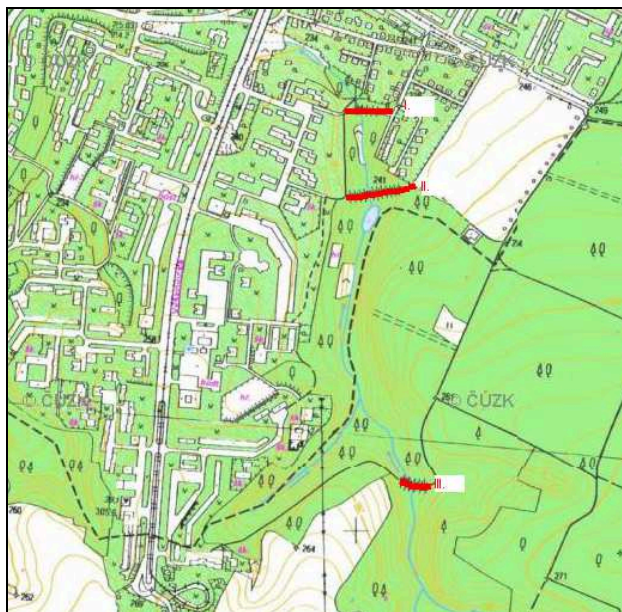
Gleje mají různou zrnitost a chemické vlastnosti, většinou jsou kyselé až mírně kyselé s nenasyčeným až mírně nasyceným sorpčním komplexem. Humusový horizont bývá tmavě šedohnedý prostoupený rezivě hnědými skvrnami a pruhy uspořádanými podle kořenů a bývá většinou horší kvality. Glejové půdy se nacházejí zejména na dně terénních depresí, v nejnižších částech širších niv nebo na úzkých nivách malých toků, a to zejména na nevápnitých vodních sedimentech. Často můžeme glej nalézt na rozhraní rašelinných půd [16].



Obrázek 5- Půdní mapa [13]

## 2.5. Popis stavajícího stavu

Bělský les je území, které se skládá z výšin a nížinných oblastí. Vlivem morfologie terénu přívalové srážky odtékají ze svažitých částí Bělského lesa do nejnižších míst, ve kterých se nachází obytná zástavba. Z důvodu protipovodňové ochrany těchto míst byla vybudována soustava tří retenčních nádrží na vodním toku Výškovický potok. Cíl výstavby byl, zmírnit účinek povodně zachycením části jejího objemu a tím zmírnit kulminací průtoku. Dnes již tyto ochranné nádrže zcela nezastávají své funkce a jsou ve velmi špatném technickém stavu viz kapitola č. 3 Specifikace problémů.



Obrázek 6 - Zájmová oblast, znázornění ochranných nádrží [17]



### 3. Specifikace problémů

Jak již bylo zmíněno, v Bělském lese jsou vystaveny tři retenční nádrže na vodním toku Výškovický potok.

U všech tří retenčních nádrží je výpustné zařízení, vybudováno jako trubní výpust typu požerák. Skříňová konstrukce požeráku je vybudována z betonu a je ve velmi špatném a zchátralém stavu, poznamenána korozí, trhlinami apod. Zcela zde chybí dlužová stěna a zabezpečení proti nežádoucí manipulaci s dlužemi.

#### 3.1. První retenční nádrž

Proti toku Výškovického potoka se nachází přibližně na 1,436 km od ústí Výškovického potoka do řeky Odry, délka zaplaveného území je 152,14 m.

Hráz nádrže spojuje ulice Staňková a K Jezeru, délka koruny hráze je 96,6 m, šířka 3,20 m. Koruna hráze slouží také jako cesta pro pěší.

Odpadní potrubí výpustného zařízení je tvořeno betonovou troubou o DN 1200 a je zaústěno do čtvercové betonové konstrukce, kde je také zaústěno potrubí vedoucí od rodinných domů z ulic Na Rybničkách a K jezeru. Tato betonová konstrukce je ve špatném technickém stavu, je zde viditelná betonová koroze a je zanesená odpadem a přírodním materiálem (listy, větve apod.).



Obrázek 7 - Hráz retenční nádrže č. 1 [18]



*Obrázek 8 - Hráz první retenční nádrže*



*Obrázek 9 - Požerák první retenční nádrže*



*Obrázek 10 - Odpadní potrubí výpustného zařízení první retenční nádrže*

### 3.2. Druhá retenční nádrž

Proti toku je vystavena na 1,635 km od ústí do řeky Odry, délka otevřeného koryta v zátopovém území 861,53 m. Délka koruny hráze 133 m, šířka 3 m a slouží jako cesta pro pěší.

Odpadní potrubí výpustného zařízení je tvořeno dvěma ocelovými troubami o DN 800 a jsou uloženy v betonové konstrukci, která je poznamenaná korozí, trhlinami apod.

Vývar, sloužící pro tlumení kinetické energie vody je tvořen z betonu, šířky 2,3 m. Koryto toku pod nádrží je opevněno betonem a má lichoběžníkový příčný profil, šířka dna koryta toku je 0,40 m.



Obrázek 11 - Hráz retenční nádrže č. 2 [18]



Obrázek 12 - Hráz druhé retenční nádrže





Obrázek 13 - Požerák druhé retenční nádrže



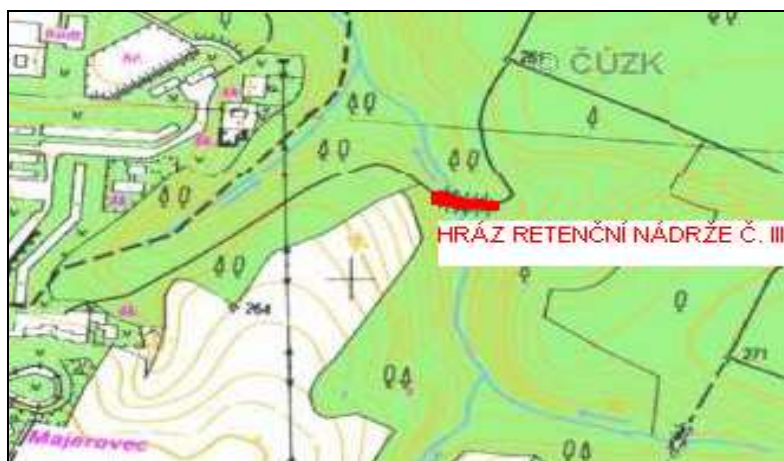
Obrázek 14 - Výpustný objekt

### 3.3. Třetí retenční nádrž

Proti toku je vystavena na 2,506 km od ústí do řeky Odry, délka otevřeného koryta v zátopovém území 299,33 m. Délka koruny hráze 49 m, šířka koruny hráze 3,5 m. Koruna hráze slouží jako lesní cesta pro pěší.

Návodní svah nádrže je opevněn betonovými deskami.

V zátopovém území se nachází travní, keřový a stromový porost. Odpadní potrubí výpustného zařízení je tvořeno betonovou troubou o DN 800.



Obrázek 15 - Hráz retenční nádrže č. 3 [17]



*Obrázek 16 - Hráz třetí retenční nádrže*



*Obrázek 17 - Požerák třetí retenční nádrže*

## 4. Principy řešení (legislativní, technické )

### 4.1. Legislativní principy řešení

Legislativní řešení se opírá o zákony, technické normy, nařízení vlády a vyhlášky.

#### 4.1.1. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství<sup>1</sup>). Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.

Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí [19].

#### 4.1.2. Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Tent zákon upravuje ve věcech územního plánování zejména cíle a úkoly územního plánování, soustavu orgánů územního plánování, nástroje územního plánování, vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území, rozhodování v území, možnosti sloučení postupů podle tohoto zákona s postupy posuzování vlivů záměrů na životní prostředí, podmínky pro výstavbu, rozvoj území a pro přípravu veřejné infrastruktury, evidenci územně plánovací činnosti a kvalifikační požadavky pro územně plánovací činnost.

Tento zákon upravuje ve věcech stavebního řádu zejména povolování staveb a jejich změn, terénních úprav a zařízení, užívání a odstraňování staveb, dohled a zvláštní pravomoci stavebních úřadů, postavení a oprávnění autorizovaných inspektorů, soustavu stavebních úřadů, povinnosti a odpovědnost osob při přípravě a provádění staveb.

Tento zákon dále upravuje podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb, obecné požadavky na výstavbu, účely vyvlastnění, vstupy na pozemky a do staveb, ochranu veřejných zájmů a některé další věci související s předmětem této právní úpravy [20].

#### 4.1.3. Předpis č. 114/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny

Účelem zákona je za účasti příslušných krajů, obcí, vlastníků a správců pozemků přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině, k ochraně rozmanitostí forem

života, přírodních hodnot a krás, k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji a vytvořit v souladu s právem Evropských společenství v České republice soustavu Natura 2000. Přitom je nutno zohlednit hospodářské, sociální a kulturní potřeby obyvatel a regionální a místní poměry [21].

#### **4.1.4. Předpis č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů**

K tomu to zákonu je nutné přihlížet při nakládání se sedimenty v nádržích.

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:

a) pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání,

b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a

c) působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství [22].

#### **4.1.5. ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže**

Tato norma platí pro navrhování, výstavbu, rekonstrukce a provoz vodních nádrží se sypanými hrázemi, u kterých jsou splněny současně tyto podmínky:

a) objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu<sup>2)</sup>) není větší než 2 mil. m<sup>3</sup>;

b) největší hloubka nádrže<sup>3)</sup> nepřesahuje 9 m.

Norma neplatí pro nádrže, u kterých je potenciální riziko ohrožení lidských životů při havárii nádrže.

Norma neplatí pro nádrže přečerpávacích vodních elektráren, pro odkaliště a pro nádrže s přítokem a odtokem propustným horninovým prostředím dna a svahů nádrže (např. štěrkoviště).

Norma se doporučuje i pro rekonstrukce historických rybníků, jejichž parametry překračují podmínky a) a b).

Pro nádrže s celkovým objemem menším než 5 tisíc m<sup>3</sup> se doporučuje normu použít přiměřeně podle místních podmínek [23].



## 4.2. Technické principy řešení

### 4.2.1. Účel malých vodních nádrží

Přehled malých vodních nádrží z hlediska jejich účelu:

- Zásobní nádrže ( vodárenské, průmyslové, závlahové, energetické, kompenzační, zálohové, retardační, aktivační ),
- Ochranné ( retenční ) nádrže ( suché poldry, retenční nádrže s malým zásobním prostorem, protierozní, dešťové, vsakovací, nárazové ),
- Rybochovné nádrže ( výtěrové a třecí rybníky, plůdkové výtažníky, komorové rybníky, hlavní rybníky, speciální komory, sádky, karanténny rybníky);
- Nádrže upravující vlastnosti vody ( chladicí, přehřívací, usazovací, aerobní biologické, anaerobní biologické, dočišťovací biologické),
- Hospodářské nádrže ( protipožární, pro chov drůbeže, pro pěstování vodních rostlin, napájecí a plavicí, výtopové zdrže );
- Speciální účelové nádrže ( recirkulační, vyrovnávací, přečerpávací, spalovací, závlahové, vodojemy ),
- Asanační nádrže ( zachytné, skladovací, otevřené vyhnívací, rekultivační, laguny ),
- Rekreační ( přírodní koupaliště pro plavání a vodní sporty ),
- Nádrže na ochranu flory a fauny,
- Nádrže krajinyotvorné a v obytné zástavbě ( hydromeliorační, okrasné, návesní rybníčky, umělé mokřady).

V minulosti byly budovány převážně nádrže zásobní, sloužící pro akumulaci vody pro různé účely. V současné době jsou přednostně rekonstruovány nebo navrhovány nové nádrže s účelem zadržení vody v krajině, zpomalení odtoku vody ze srážek, vyrovnání průtoků v průběhu roku, tj. pozitivního ovlivnění vodohospodářské bilance povodí. Obecně lze konstatovat, že žádná malá vodní nádrž není jednoúčelová, prakticky u všech nádrží se uplatňují dvě nebo více funkcí, přičemž jeden účel nádrže je zpravidla prioritní [24].

### 4.2.2. Podklady pro návrh

Mezi hlavní podklady pro návrh patří:

- Klimatické podklady;
- Hydrologické podklady;
- Geomorfologické podklady;
- Geologické a hydrogeologické podklady;
- Hydopedologické podklady;
- Geodetické podklady.



## Klimatické podklady

Požadované podklady je nutno si vyžádat od Českého hydrometeorologického ústavu.

- Dlouhodobé průměrné měsíční srážky, dlouhodobý srážkový průměr za vegetační období, dlouhodobý srážkový průměr;
- Dlouhodobé průměrné měsíční teploty, dlouhodobé průměrné teploty za vegetační období, dlouhodobá průměrná roční teplota;
- Průměrný počet letních, mrazových a ledových dnů;
- Směr a rychlost převládajících větrů;
- Dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty výparu z vodní hladiny.

## Hydrologické podklady

Jsou nutné pro vodohospodářské řešení nádrže. Je možno je rozdělit na základní a podrobné údaje.

### Základní:

- Plocha povodí k profilu nádrže;
- Průměrný roční srážkový úhrn;
- Průměrný roční průtok;
- Hodnoty m- denních vod;
- Hodnoty N- letých vod.

### Podrobné:

- Průměrné měsíční, průměrné denní průtoky v charakteristických letech;
- Objemy a čáry povodňových vln;
- Popis povodňového režimu toku;
- Splaveninový režim.

## Geomorfologické podklady

- Závisí na nich správná volba nádrže;
- Je nutno navrhnout ( posoudit ) vždy několik profilů, kde má být umístěna hráz;
- Z geomorfologického hlediska jsou nejvhodnější mírně zvlněné terény se širokými údolími s podélným sklonem 1 - 3%;
- Objemový ukazatel  $\eta$  by neměl klesnout pod hodnotu 4. Optimální hodnota  $\eta \geq 10$ ;
- Relativní objemový ukazatel  $\eta_r$  z hodnotami menšími než 15 je považován za málo příznivý.  $\eta_r = 15 - 200$  morfologické vlastnosti jsou považovány za vhodné,  $\eta_r > 250$  mimořádně příznivé.

## Geologické a hydrogeologické podklady

- Jedná se o podklady, které poskytují údaje o původu a vlastnostech hornin, které by měly tvořit podloží budoucí zemní hráze a podloží funkčních objektů;
- Musí objasnit hydrologické poměry v daném území a objasnit důsledky naplnění nádrže na režim podzemních vod, na kvalitu vody v toku a stávajících pramenech;
- Musí dát informace o inženýrsko - geologických poměrech naležišť zemin vhodných pro stavbu hráze;

- Řeší posouzení stability údolních svahů ( ovlivnění základáním objektů, kolísání hladiny );
- Objasnit proudění podzemní vody ( v puklinách, tektonických zlomech ), její chemické vlastnosti.

### **Hydropedologické podklady**

Jejich úkolem je určit vlastnosti rybníčního dna tzv. :

- propustnost,
- úroveň hladiny podzemní vody;
- odvodnitelnost,
- úrodnost prostřednictvím obsahu humusu a jeho kvality.

Zjišťuje půdní vlastnosti v místě předpokládané hráze ( určení míst kopaných sond, vpichů, vrtů, hloubka sond do 1,5 m);Popisuje půdní profily. Stanovuje základní fyzikální vlastnosti zemin ( porovitost, měrnou a objemovou hmotnost, indexové vlastnosti, maximální kapilární kapacitu, smykovou pevnost, hydraulickou vodivost.

### **Geodetické podklady**

Slouží:

- k výběru vhodného profilu umístění hráze → zátopová plocha,
- k zakreslení všech nezbytných průzkumů ( geologických, hydrogeologických, hydrologických ),
- k návrhu technického řešení → k vyhotovení podrobných stavebních výkresů.

### **Mapové podklady z hlediska měřítka**

- až do 1:5 000 - slouží pro účely zákresu hydropedologických a geologických sond, pro konstrukci charakteristických křivek.
- 1:5 000 - 1: 50 000 - slouží pro orientaci v okolí nádrže, pro nákres komunikačních a ostatních sítí.
- 1:10 000 - 1: 25 000 - mapy vhodné pro účel hydrologického šetření ( stanovení rozvodnice a velikosti povodí). Nutno ověřit pochůzkou v terénu.

### **Měřické podklady**

Soubor všech podrobných geodetických měření pro potřeby plánované nádrže.

Patří zde:

- Podrobné situace v měřítku 1:100 až 1:2 000
- Podélné a příčné profily hrází,
- Podélné profily dotčených vodních toků, komunikací, odvodňovacích kanálů atd [25].

#### **4.2.3. Technické řešení malých vodních nádrží**

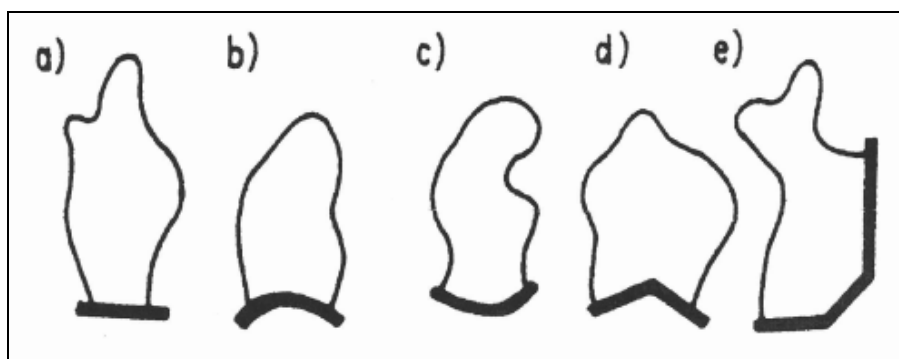
Technické řešení malých vodních nádrží zahrnuje návrh hráze, funkčních objektů, úprav v prostoru a v okolí nádrže, úpravy toku v nádrži a pod nádrží.

#### 4.2.3.1. Hráz

Hráz je nejdůležitějším, nejdražším, nejnebezpečnějším, a proto z hlediska stavebního nejnáročnějším prvkem malé vodní nádrže. Z tohoto důvodu je nutno velice pečlivě zvážit umístění osy hráze, zásady výběru vhodného materiálu pro stavbu hráze, způsob založení, návrh a posouzení tvaru hráze, průsaků hrází a neškodné odvedení průsakových vod, ochranu svahů hráze a doporučený způsob stavby hráze.

Podle tvaru údolí, účelu nádrže a funkce hráze dělíme hráze vodních nádrží na čelní, boční, obvodové a dělící. Hlavní skupinu tvoří hráze čelní a boční. Podle způsobu přívodu vody se dělí nádrže na nádrže průtočné, obtokové nebo boční.

Podle půdorysného tvaru osy mohou být hráze přímé, zakřivené nebo lomené [24].

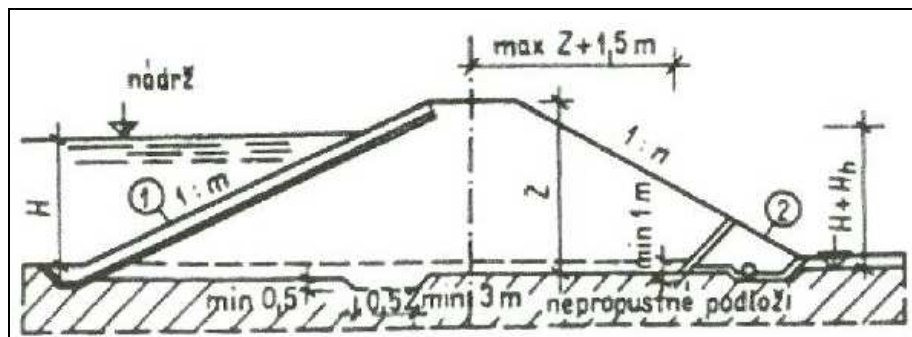


Obrázek 18 - Půdorysný tvar hrází a) čelní přímá, b) čelní vypouklá, c) čelní vydutá, d) čelní lomená, e) nepravidelná [24]

Podle druhu použitého materiálu pro stavbu zemní hráze rozeznáváme hráze homogenní nebo nehomogenní.

#### 4.2.3.2. Homogenní hráze

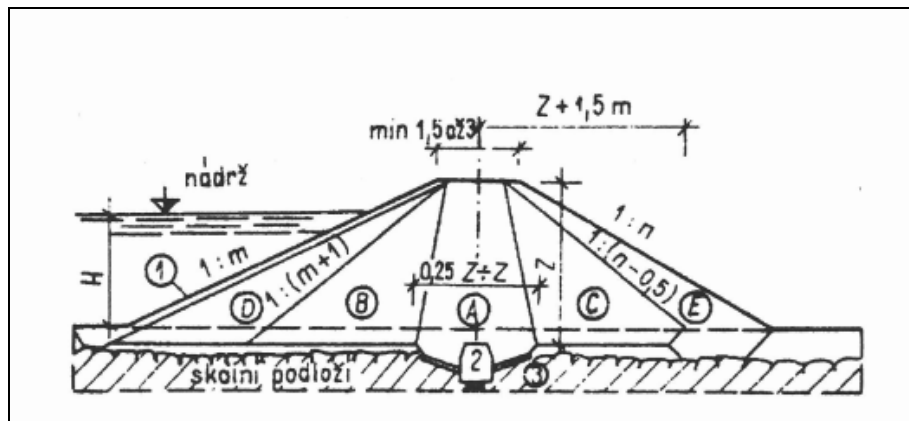
Homogenní hráze jsou vybudovány z jednoho typu materiálu. Zeminy pro stavbu homogenních hrází musí být dostatečně nepropustné a konstrukčně stále. Nejvhodnější jsou písčité hlíny až hlinitojílovité písky. Homogenní hráze jsou stavebně jednoduché a jsou výhodné, pokud je v blízkosti budoucí nádrže dostatek vhodné zeminy [24].



Obrázek 19 - Schéma homogenní hráze, 1- opevnění, 2- patní drén [24]

#### 4.2.3.3. Nehomogenní hráz

Nehomogenní hráze se navrhují v případech, že v blízkosti není dostatek vhodného materiálu pro stavbu hráze homogenní. Nehomogenní hráze jsou složeny ze dvou nebo více různých zemín, které se do hráze ukládají odděleně. Nehomogenní hráz je tvořena těsnícím jádrem, přechodovými stabilizačními částmi a propustnou stabilizační částí. Podle polohy těsnícího prvku v tělese hráze rozeznáváme hráze se středním (jadrovým) těsněním nebo hráze s těsněním návodním [24].



Obrázek 20 - Schéma nehomogenní hráze: 1- opevnění, 2- injekční clona, 3- betonová vyrovnávací vrstva [24]

#### 4.2.3.4. Materiál pro stavbu hrází

Hráze malých vodních nádrží se navrhují zásadně jako zemní.

Výběr vhodného materiálu pro stavbu zemní hráze doporučuje zpravidla inženýrsko-geologický průzkum, jehož úkolem je nalézt v blízkosti navrhované nádrže lokality vhodných zemín, určit jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti, objemy zeminy, těžitelnosti zeminy atd.

Výhodou zemníku v zátopě budoucí nádrže je skutečnost, že vytěžením zeminy se zvětší objem zásobního prostoru nádrže, pozemky v těchto místech musí být ve vlastnictví stavebníka a rekultivace zemníku po ukončení těžby je snadnější.

Zatřídění a vhodnost zemín pro stavbu hráze uvádí ČSN 75 2410, která převzala rozdělení do skupin a tříd podle ČSN 73 1001 [25].

Tabulka 3 - Zatřídění zemín- Klasifikace štěrkových zemín [25]

Název zeminy	Symbol	Třída	Kvalitativní znaky			
			Obsah jemnozrnné frakce (<0,06mm) v %	Cu	Cc	Diagram plasticity
Štěrky dobře zrněné	GW	G1	<5	>4	1 až 3	-
Štěrky špatně zrněné	GP	G2	<5	<4	<1 nebo >3	-
Štěrky příměsí jemnozrnné zeminy	G-F	G3	5 až 15	-	-	-
Štěrky hlinité	GM	G4	15 až 35	-	-	pod čarou A
Štěrky jílovité	GC	G5	15 až 35	-	-	nad čarou A

Tabulka 4 - Zatřídění zemin - Klasifikace písčitých zemin [25]

Název zeminy	Symbol	Třída	Kvalitativní znaky			
			Obsah jemnozrné frakce (<0,06mm) v %	Cu	Cc	Diagram plasticity
Písek dobře zrněný	SW	S1	<5	>6	1 až 6	-
Písek špatně zrněný	SP	S2	<5	<6	<1 nebo >3	-
Písek s příměsí jemnozrné zeminy	S-F	S3	5 až 15	-	-	-
Písek hlinitý	SM	S4	5 až 15	-	-	pod čarou A
Písek jílovitý	SC	S5	5 až 15	-	-	nad čarou A

Tabulka 5 - Zatřídění zemin - Klasifikace jemnozrných zemin [25]

Název zeminy	Symbol	Třída	Obsah jemnozrné frakce (<0,06mm) v %	Poměr štěrkové (g) a písčité (s) frakce	Diagram plasticity (čára A)	wL v %
Hlína štěrkovitá	MG	F1	35 až 65	g>s	pod A	-
Jíl štěrkovitý	CG	F2	36 až 65	g>s	nad A	-
Hlína písčitá	MS	F3	37 až 65	g>s	pod A	-
Jíl písčitý	CS	F4	38 až 65	g>s	nad A	-
Hlína s nízkou plasticitou	ML	F5	>65	-	pod A	<35
Hlína se střední plasticitou	MI	F5	>65	-	pod A	35 až 50
Jíl s nízkou plasticitou	CL	F6	>65	-	nad A	<35
Jíl se střední plasticitou	CI	F6	>65	-	nad A	35 až 50
Hlína s vysokou plasticitou	MH	F7	>65	-	pod A	50 až 70
Hlína s velmi vysokou plasticitou	MV	F7	>65	-	pod A	70 až 90
Hlína s extrémně vysokou plasticitou	ME	F7	>65	-	pod A	>90
Jíl s vysokou plasticitou	CH	F8	>65	-	nad A	50 až 70
Jíl s velmi vysokou plasticitou	CV	F8	>65	-	nad A	70 až 90
Jíl s extrémně vysokou plasticitou	CE	F8	>65	-	nad A	>90

Informativně lze posoudit vhodnost zemin jednotlivých skupin do různých zon hutněných zemních hrází podle tabulky číslo 6, která platí pro orientační posouzení zemin s vlhkostí blízkou vlhkostí optimální [25].

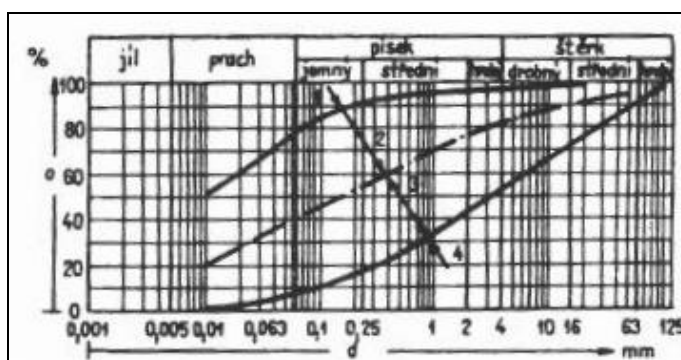
Tabulka 6 - Vhodnost zemin pro různé zony hutnění hrází [25]

Znak skupiny	Homogenní hráz	Těsnící část	Stabilizační část
GW	nevhodná	nevhodná	výborná
GP	nevhodná	nevhodná	výborná
G-F	málo vhodná	nevhodná	velmi vhodná
GM	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
SW	nevhodná	nevhodná	vhodná
SP	nevhodná	nevhodná	vhodná
S-F	nevhodná	nevhodná	vhodná
SM	vhodná	vhodná	málo vhodná
SC	velmi vhodná	výborná	nevhodná
MG	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
CG	velmi vhodná	výborná	nevhodná
MS	vhodná	vhodná	nevhodná
CS	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
ML-MI	málo vhodná	vhodná	nevhodná
CL-CI	vhodná	velmi vhodná	nevhodná
MH-ME	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
CH-CE	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná

#### 4.2.3.5. Vlastnosti zemin při výstavbě hrází

Zeminy, použité pro homogenní hráze nebo těsnící prvky nehomogenní hráze, musí splňovat tyto podmínky:

- čára zrnitosti leží v oblasti 2, případně 1 ( viz obrázek číslo 21 ),
- obsah organických látek není větší než 5 % hmotnosti,
- mez tekutosti není větší než 50 %;
- velikost největšího ojedinelých zrn nepřesahuje 100 mm,
- číslo ( index ) plasticity  $I_p$  u zemin třídy ML, CL, CS a MS je větší než 8 % [24].



Obrázek 21 - Mezní čáry zrnitosti zemin [24]

Obecně platí, že pro stavbu homogenních hrází jsou vhodné jílovito- písčité zeminy s obsahem 50 až 70% písku. Nepropustné jílové zeminy jsou pro stavbu homogenních hrází nevhodné, protože tyto zeminy nevhodně reagují na vlhčení a vysychání.

Zeminy pro stavbu homogenních hrází nebo těsnících prvků nehomogenních hrází nesmí obsahovat kořeny, pařezy, drny, které by vytvářely preferenční cesty pro průsak vody hrází [24].

#### 4.2.3.6. Návrh příčného profilu hráze

Typ hráze, její tvar, konstrukce a založení musí splňovat požadavky:

- filtrační stability hráze a podloží s bezpečným a kontrolovatelným odvedením vody, prosakující tělesem hráze,
- statické a deformační stability jednotlivých částí i celku, včetně podloží,
- potřebné vodotěsnosti nádrže,
- bezpečnosti proti přelití a porušení hráze,
- životnosti díla.

Zemní hráze malých vodních nádrží mají zásadně lichoběžníkový příčný profil (jednoduchý nebo složený).

Není-li vedena po koruně hráze trvalá komunikace, musí být volná šířka koruny minimálně 3,5 m, což umožňuje občasný pojezd vozidel pro provoz a údržbu [24].

U hrází vyšších než 5 m nesmí však ani v tomto případě být šířka koruny hráze menší než 3,0 m.

Převýšení koruny hráze nad max. hladinu při návrhovém průtoku ( $Q_{100}$ , výjimečně  $Q_{50}$ ,  $Q_{20}$ ) se posuzuje na základě uvedených okolností:

- vlivu větrových vln,
- typu a konstrukčního řešení hráze z hlediska odolnosti proti přelití,
- konstrukčního řešení a umístění těsnícího prvku hráze,
- předpokládaného sedání těles hráze a podloží.

Sklon svahu zemní hráze závisí na druhu použité zeminy. Pro návrh sklonů vzdušného a návodního svahu hráze lze použít údajů uvedených na obrázku č. 22 [25].

Těsnicí část hráze (jádro) leží v zóně	Stabilizační část hráze leží v zóně	Zařazení zemin		Svahy	
		Těsnicí část hráze (jádro)	stabilizační část hráze	návodní 1:x <sup>4)</sup>	vzdušný 1:y
A	DB, CE	GM, GC, SM	lom. kámen	1:1,75	1:1,5
		SC, CG, MG	GW, SW	1:2,8 <sup>1)</sup>	1:1,75
		ML-MI, CL-CI	GP, SP	1:3 <sup>1)</sup>	1:1,75
AB	D, CE	GM, SM	lom. kámen	1:3	1:1,5
		GC, SC, MG, CG, MS, CS	GW, SW	1:3,2	1:1,75
		ML-MI, CL-CI	GP, SP	1:3,4	1:1,75
CAB	D, E	GM, GC, SM, SC, MG, CG, MS, CS	lom. kámen, GW, GP	jako při poloze jádra	1:2,0 <sup>2)</sup>
		ML-MI, CL-CI	SW, SP	v zóně AB	1:2,2 <sup>3)</sup>
CABD	E			jako u homogen-ních hrází	jako při poloze jádra v zóně CAB
Homogenní hráze <sup>5)</sup>		GM, SM		1:3	1:2
		GC, SC		1:3,4	1:2
		MG, CG, MS, CS		1:3,3	1:2
		ML-MI, CL-CI		1:3,7	1:2,2

1) U velmi propustného materiálu, popř. se zřetelem k rychlosti poklesu hladiny, je možné zvětšit až na 1:2,25.

2) Je-li v podloží hráze materiál o smykové pevnosti min.  $\text{tg } \varphi_f = 0,74$ , je možné zvětšit na 1:1,8.

3) Je-li v podloží hráze materiál o smykové pevnosti min.  $\text{tg } \varphi_f = 0,74$ , je možné zvětšit na 1:2.

4) Uvedený sklon pro návodní svah se použije pod nejvyšší dlouhodobě udržovanou hladinou, nad touto hladinou se může svah provést o sklonu 1:(x - 0,5).

5) U hrází do výšky 4 m se může sklon návodního svahu zvětšit na 1:(x - 0,5)

Obrázek 22 - Orientační sklony svahů zemních hrází [25]

#### 4.2.3.7. Těsnicí prvek hráze

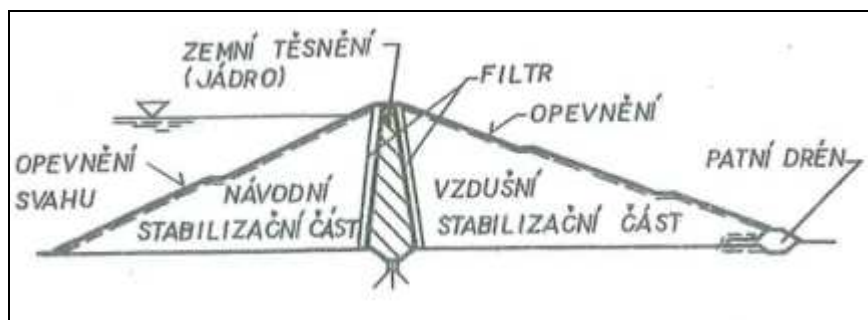
U homogenní zemní hráze přebírá funkci těsnicí a stabilizační celý příčný profil hráze. Nehomogenní zemní hráze se vyznačují přítomností různých druhů zemin v tělese hráze.

Použití těsnění a filtračních a drenážních vrstev umožňuje řízení pohybu vody v tělese hráze a vyloučení přítomnosti proudící vody z těch částí přehrádního tělesa, kde by mohla způsobit nebezpečné změny [26].



Obrázek 23 - Homogenní zemní hráz - příčný řez [26]





Obrázek 24 - Zemní hráz se zemním těsněním [26]

Doporučená šířka těsnícího prvku je  $(0,25 \text{ až } 1,0) Z$ , kde  $Z$  je výška hráze nad uvažovanou úrovní. Nejmenší šířka těsnícího prvku v koruně hráze je 1,5 m, z hlediska technologie provádění 3,0 m.

Šířka zavazovací ostruhy v úrovni založení má být rovna 0,5 m výšky hráze ( $Z$ ), minimální šířka z důvodů použití hutnicích prostředků je 3,0 m. Tloušťka předloženého návodního koberce nemá být menší než 0,1 m hloubky vody v nádrži, avšak min. tloušťka je 0,6 m.

Těsnění z umělých materiálů (např. asfaltobeton, plastové folie) se zavazuje do podloží těsnícím prvkem, tvořeným zpravidla zavazovací betonovou zídou, do níž je těsnící prvek zapuštěn [25].

#### 4.2.3.8. Filtry

Filtry se používají tam, kde by v tělese hráze a na jeho styku s podložím mohlo dojít vlivem prosakující vody, vlnobití a kolísání hladiny v nádrži k vyplavování částic zeminy.

Zpravidla se filtry zřizují na styku těsnícího jádra se sousedními částmi hráze, kolem drenážních prvků, popř. pod opevněním návodního líce a na styku tělesa hráze s podložím.

Filtry se provádějí z přírodních nebo tříděných písků a štěrkopísků a drceného kameniva podle požadovaných vlastností filtru a dostupnosti potřebných materiálů [26].

#### 4.2.3.9. Patní drén

Patní drén slouží k bezpečnému odvedení prosáklé vody hrází nebo jejím podložím, je umístěn u paty vzdušního svahu hráze.

Vlatní těleso patního drénu je tvořeno silně propustným materiálem (makadam, hrubozrnný štěrk, lomový kámen).

Prosáknutá voda v patním drénu se odvádí drenážními trubkami, umístěnými v tělese patního drénu a vyústěnými do koryta pod hrází. Je účelné, aby v místě vyústění drenážního potrubí do toku pod hrází potrubí přesahovalo líc zídek 0,05 až 0,10 m pro možnost objemového měření průsaku hrází.

Rozměry patního drénu je nutno přizpůsobit rozměrům hráze a výsledkům výpočtu průběhu depresivní křivky [25].

#### 4.2.3.10. Opevnění návodního a vzdušního líce hráze

Opevnění návodního svahu se navrhuje od koruny hráze na hloubku alespoň 0,8 m pod úroveň hladiny normálního nadržení. U nižších hrází se opevňuje celý návodní svah až do úrovně dna nádrže.

Opevnění návodního svahu hráze musí být stabilní vůči půdobení tlaku vody, vytékající z tělesa hráze při rychlém poklesu vody v nádrži, vůči svážení po svahu a vůči případným agresivním účinkům vody v nádrži.

Při sklonech návodního svahu mírnějších než 1 : 2 se navrhuje opevnění pohozem z makadamu nebo lomového kamene na filtrační vrstvy. Při strmějších sklonech se používá kamenná dlažba, kamenná rovnanina, kamenný zához nebo betonové desky.

U suchých retenčních nádrží, které jsou plněny vodou pouze občasně (tzv. poldry) zpravidla postačí ochrana návodního svahu hráze řádně udržovaným travním porostem.

Vzdušný svah hráze se chrání před klimatickými vlivy většinou zatravněním. Osetí vzdušního svahu hráze se provádí na vrstvě ornice, která se rozprostře na povrch svahu v tloušťce 0,10 až 0,15 m. Opevnění drnováním se navrhuje pouze ve výjimečných případech kdy je třeba relativně rychle zajistit uchycení ochranné vrstvy. Výsadbu keřů a stromů je možno navrhnout zejména v jeho horní části pro lepší začlenění nádrže do krajiny [24].

#### 4.2.3.11. Objekty nádrží

##### Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv slouží k ochraně nádrží před účinky povodňových průtoků. Je nutné jej navrhovat na všech průtočných i neprůtočných nádržích.

U neprůtočných nádrží je kapacita přelivu dána maximální hodnotou, která může do nádrže přitéci náпустným zařízením. U nádrží nebeských ( bezodtokých ) je možno bezpečnostní přeliv vypustit.

##### Bezpečnostní přelivy malých vodních nádrží mají být:

- nehrazené,
- nevyžadující obsluhu při průchodu povodňové vlny.

Tlakový průtok odpadním potrubím, které prochází hrází, je nepřípustný. Podkladem pro dimenzování bezpečnostních přelivů je stanovení nejvyšší hladiny v nádrži při návrhovém průtoku  $Q_{100}$ . Ve výjimečných případech je možno volit návrhový průtok  $Q_{50}$ ,  $Q_{20}$ .

##### Typy bezpečnostních přelivů:

- přímé přelivy,
- boční přelivy,
- kašnové přelivy,
- šachtové přelivy,
- kombinované přelivy [25].



Obrázek 25 - Sathanurova přehrada [27]

### Výpustné zařízení

Výpustná zařízení MVN slouží jednak k udržení hladiny normálního nadržení na potřebné výši, jednak k úplnému vypouštění nádrže. Výpustné zařízení musí být dimenzováno a konstruováno tak, aby umožnilo bezpečné vypouštění vody z nádrže za všech situací a v případě potřeby ( poruchy hráze ) umožnilo vypustit vodu v požadovaném čase [24].

Výpustné zařízení umísťujeme obvykle do nejnižšího místa nádrže, aby bylo možno nádrž zcela vypustit a odvodnit.

Každé nádrže o objemu ovladatelného prostoru větším než 1 mil. m<sup>3</sup> mají být vybaveny dvěma výpustmi.

Každé výpustní zařízení se skládá z:

- uzavíracího prvku,
- zařízení pro odvedení vody.

Podle konstrukčního uspořádání rozdělujeme výpusti na:

- otevřené,
- trubní [25].

*Otevřené ( stavidlové ) výpusti* tvoří ŽB nebo kamenné žlaby jejichž dno odpovídá úrovni nejnižšího místa nádrže. Stěny jsou budovány na celou výšku hráze a pokud je po koruně hráze vedena vozovka nebo cesta pro pěší, je nutno odpad v místě koruny hráze přemostit nebo překlenout lávkou. Hradící prvek je tvořen zpravidla stavidlem, který dosedá na dno žlabu a horní hrana hradící konstrukce odpovídá úrovni hladiny normálního nadržení. Podle velikosti hrazeného otvoru je nutno navrhnout i vhodné zařízení pro manipulaci s uzávěrem. Vzhledem k obtížné manipulaci s uzávěry by neměly být používány otevřené výpusti při hloubce vody v nádrži větší než 4,0 m [24].

*Trubní výpusti* se používají k vypouštění vody z nádrže potrubím zabudovaným do nejnižšího místa hráze. Skládají se z uzavíracího prvku, výpustního potrubí a zařízení

na tlumení kinetické energie vytékající vody. Uzávěr se přednostně navrhuje na návodní straně hráze, výjimečně na vzdušné straně hráze.

Podle typu uzavíracího mechanismu můžeme trubní výpusti rozdělit na lopatové a šikmé stavidlové uzávěry, čepové uzávěry, šoupátkové uzávěry, stavidlové uzávěry a plochá kanalizační šoupátka, segmentové a speciální uzávěry, požeráky [25].



Obrázek 26 - Výpustná zařízení na hrázi Tři soutěsky v provincii Chu-pej, Čína [28]

#### 4.2.4. Povodně obecně

##### 4.2.4.1. Povodeň

Povodeň je přírodním jevem, kterému nelze zabránit, rozumí se jí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod a zároveň je to i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo je její odtok nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Může být způsobena přírodními jevy, zejména táním sněhu, dešťovými srážkami, chodem ledů, nebo jinými vlivy, vznikající lidskou činností [29].

Lidská osídlení jsou ve světě umístěna v různých geografických podmínkách, čímž se vystavují různým příčinám záplavových rizik.

Rozlišujeme dva základní druhy povodní podle místa výskytu:

- *vnitrozemní*: jsou závislé na srážkovém úhrnu v lokálním a nadřazeném povodí;
- *pobřežní*: jsou způsobeny mimořádnými jevy v oceánu ( pohyb litosférických desek za vzniku Tsunami ) a rovněž zásahem vnitrozemních povodní [30].

Dále dělíme povodně podle původu jejího zapříčinění a to na přírodní a zvláštní povodně. Přírodní povodeň je způsobena přírodními jevy, zatímco zvláštní povodeň je způsobena umělými vlivy, které mohou nastat při stavbě nebo provozu vodních děl, která vzdouvají nebo mohou vzdouvat vodu, zejména při narušení tělesa vzdouvacího vodního

díla, poruše hradících konstrukcí výpustných zařízení vodního díla nebo nouzovém řešení kritických situací z hlediska bezpečnosti vodního díla [31].

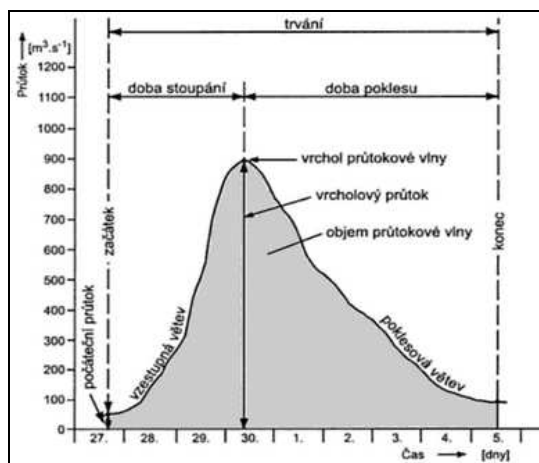
#### 4.2.4.2. Povodňová vlna

Základní charakteristikou je průtoková vlna, která představuje přechodné zvětšení a následný pokles a vodních stavů, vyvolaný deštěm, táním sněhu nebo umělým zásahem. Vlna povodňová je pak průtoková vlna s charakterem povodně.

Tvar povodně je možné vyjádřit hodnotami průtoků, které určují počátek, vrcholení a ukončení povodně. Za počátek čili patu povodňové vlny se pokládá okamžik (den nebo hodina), od něhož nastalo výrazné, obvykle rychlé zvětšování průtoků. Největší, kulminační nebo vrcholový průtok ( $Q_{\max}$ ) odpovídá době vrcholení (kulminaci) povodně. Ukončení povodně lze vztahovat na dobu, kdy rychlý pokles průtoků přechází v mírnější, nevýrazné výkyvy na poklesové větvi průtokové vlny. Vymezení doby ukončení povodně je obtížné, neboť bývá v mnoha případech nevýrazné. Dalším kritériem velikosti povodně je jejich trvání, dané časovým úsekem mezi počátkem a ukončením povodně.

Významnou vlastností povodňových vln je rychlost jejich průběhu, potřebná pro předpovědi jejich vývoje. Určuje se z doby, za kterou povodeň proběhne mezi dvěma vodoměrnými stanicemi. Doba se určí z rozdílu mezi časem kulminačního průtoků v obou stanicích. Rychlost je pak podílem délky toku mezi oběma stanicemi a doby a udává se v km/hod.

Z hodnot kulminačních průtoků při jednotlivých povodních se pak stanovuje N-letý maximální průtok (též N-letý průtok)  $Q_N$ , který je v uvažovaném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let [32].



Obrázek 27 - Grafické znázornění průběhu povodňové vlny [32]

Ke skládání povodňových vln dochází tehdy, když k soutoku dvou řek dorazí jejich povodňové vlny současně. Voda z přítoku ihned zvětší celkový objem odváděné vody z povodí a hodnoty kulminace povodně jsou významně zvětšeny.

Následují-li nevyšší stavy vody na dvou řekách jedna po druhé, pak vznikne protažený vrchol kulminace povodně nebo dokonce dva oddělené vrcholy kulminace. Ty jsou celkově nižší, a tudíž způsobují menší škody než při skládání povodňových vln.

Proto je především pro včasné varování důležité znát časy průběhu povodňových vln jednotlivých vodních toků. I v případě, že přítok není zasažen povodní, může v něm nicméně dojít k povodňové události v důsledku zpětného vzduť [33].

#### 4.2.4.3. Protipovodňová opatření

Opatření organizačního charakteru zahrnují:

- návrh optimálního tvaru a velikosti půdních bloků;
- návrh vhodného umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění;
- návrh pásového pěstování plodin.

Agrotechnická opatření zahrnují:

- setí/sázení po vrstevnici;
- ochranné obdělávání (bezorebné setí/sázení, setí/sázení do mulče, setí/sázení do mělké podmítky, setí/sázení do ochranné plodiny);
- hrázkování, důlkování.

Technická opatření zahrnují:

- protierozní meze;
- protierozní příkopy;
- průlehy;
- zatravněné dráhy soustředěného odtoku;
- polní cesty s protierozní funkcí;
- ochranné hrázky.

Při ochraně proti vyšším srážkám, mají smysl především technická protipovodňová opatření, sloužící ke zpomalení odtoku a akumulaci vody v povodí.

Patří sem:

- nádrže s retenčním účinkem;
- suché poldry (umělé nádrže, jsou plněny při výskytu povodňové situace. Objem nádrže slouží k transformaci povodňové vlny, k jejímu časovému zpoždění, zachycení splavenin aj.) [34].

#### 4.2.4.4. Protipovodňová opatření v zahraničí

Maďarsko je zemí velmi zranitelnou z hlediska povodňových rizik ( 2/3 orné půdy leží v záplavových oblastech ). Hospodářsky nerozvinutou oblastí, kde je toto nebezpečí obzvláště vysoké, je horní část povodí Tisy v severovýchodním Maďarsku.

Frekvence povodní se zdá být poslední dobou vyšší, především kvůli odlesňování a dalším změnám využití území, regulaci řek a dalším externím faktorům.

Jelikož většina maďarských řek pramení mimo území země, je nutná spolupráce se sousedními státy.

I přes stále vzrůstající povodňové škody se maďarská vláda snaží dodržet tradici a nést všechny náklady spojené s příchodem povodní, tj. financovat protipovodňovou prevenci, opravovat infrastrukturu a krýt až 100% škod na soukromém majetku.

V druhé polovině 20. Století se začalo s rozsáhlou výstavbou systémů ohrázování kolem Tisy. Tyto hráze chrání povodí před pravidelnými záplavami, které zasahovaly

přibližně 17% území. Systém hrází však nefunguje dokonale a jeho údržba je velmi nákladná.

Selhání systému hrází při povodni v roce 2001 znovu otevřelo diskusi o protipovodňové ochraně v Maďarsku. Po vstupu do EU je Maďarsko nuceno zvažovat přísná fiskální pravidla, proto se v poslední době objevují snahy o přenesení části odpovědnosti za povodňová nebezpečí na samotné občany ( tj. tlak na pojištění majetku místo poskytování plošných dotací ). Řada lidí však považuje za nepřijatelné zavedení takových to opatření [33].

V Nizozemí jsou říční a pobřežní nivy často chráněny obrovskými systémy připojených nábreží. Úroveň ochrany je pravděpodobně nejvyšší na světě a roční průměrné povodňové rizika jsou nízká. Nicméně, důsledky závažných povodní by byly nepřijatelné. Nákladově efektivním způsobem by bylo rozdělení velkých poldrů do menších částí, tzv. rozčlenění, tím by se snížila plocha k záplavám, hospodářské škody a vystavených počtu osob katastrofálnímu riziku [35].

V Polsku řešili problém vysychání poldru u Zagorowa a jeho funkci v ochraně před povodněmi, kdy nedostatek cyklických povodní v této oblasti přispěl k vysychání v důsledku změn vodních poměrů. V rámci projektu obnovy oběhu vody v řece, byl vypracován projekt pro řízenou potopu poldru v případě povodňového nebezpečí v dolní oblasti údolí [36].



Obrázek 28 - Osada nedaleko německého Deggendorfu na jihu země v době kulminace [37]

## 5. Posouzení možných variant řešení a rozpracování doporučené varianty

Na doporučení pana Ing. Krkošky byla vybrána k řešení první retenční nádrž proti toku Výškovického potoka, která se nachází přibližně na 1,436 km od ústí Výškovického potoka do řeky Odry. Hráz nádrže spojuje ulice Staňková a K Jezeru. Viz kapitola 3. Specifikace problémů.

### 5.1. Varianta A

První varianta řešení diplomové práce zahrnuje obnovu funkce stávající retenční nádrže. Spočívající ve vykacení zeleně v záplavové zóně nádrže, vyčištění nádrže od sedimentů, rekonstrukci spodní výpustí DN 1200, včetně opravy regulačního nátokového objektu a obnovení jeho původní funkce. Následně také rekonstrukci propustku a výměnu potrubí DN 500 za nové potrubí DN 1200. Obnova funkce retenční nádrže, by měla také obsahovat návrh chybějícího bezpečnostního přelivu dle současné legislativy a norem.

### 5.2. Varianta B

Druhá varianta řešení je modelový případ, kdy je navržena hráz nová s výpustným zařízením a bezpečnostním přelivem, v případě kdyby stará hráz neexistovala. Tato varianta byla vybrána jako nejvhodnější a byla podrobně rozpracována. Ochrana daného území je tak tvořena nádrží, která je schopna zachytit průtok  $Q_{50}$ .

#### 5.2.1. Výpočet množství vody v uzavíracím profilu

Množství vody vzniklé povrchovým odtokem ze srážek závisí na koeficientu odtoku ( sklonu a povrchu terénu ), ploše povodí, dobou trvání a intenzitou dešťových srážek pro město Ostrava.

Výpočet byl porovnán s daty poskytnutými od ČHMU (viz tabulka č.1).

Plocha a druh povrchu povodí a i sklon terénu byly zjištěny z online mapy Hydroekologického informačního systému VÚV TGM [17].

Celková odvodněná plocha: 143,67 ha

Druh povrchu povodí:

- Zelené pásy, pole, louky: 0,2495 ha
- Lesy: 142,6503 ha
- Obvyčejné dlažby: 0,7702 ha



Tabulka 7 - Součinitel odtoku pro dané povrchy a sklony terénu [38]

Způsob zástavby a druh pozemku popř. druh úpravy povrchu	Součinitel odtoku $\psi$ při konfiguraci území		
	rovinné při sklonu do 1 %	svažité při sklonu 1 až 5 %	prudce svažité při sklonu nad 5%
Zastavěné plochy ( střechy )	0,90	0,90	0,90
Asfaltové a betonové vozovky, dlažby se zálivkou spár	0,70	0,80	0,90
Obyčejné dlažby se zapískovanými spárami	0,50	0,60	0,70
Šterkové cesty	0,30	0,40	0,50
Nezastavěné plochy	0,20	0,25	0,30
Hřbitovy, sady, hřiště	0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky	0,05	0,10	0,15
Lesy	0,00	0,05	0,10

**Výpočet :** byl proveden na základě literatury Stavby vodovodů a kanalizací [39]

**Střední součinitel odtoku  $\psi$ :**

$$\Psi = \frac{S_1 \cdot \Psi_1 + S_2 \cdot \Psi_2 + S_3 \cdot \Psi_3}{S}; \quad (1)$$

$$\Psi = \frac{0,2495 \cdot 0,15 + 0,7702 \cdot 0,70 + 142,6503 \cdot 0,10}{143,67} = 0,1033$$

Kde,  $\psi$  - střední součinitel odtoku;

$\psi_n$  - součinitel odtoku;

$S_n$  - dílčí plocha povodí [ha];

$S$  - celková plocha povodí [ha].

**Redukovaná plocha  $S_c$**

$$S_c = S \cdot \Psi; \quad (2)$$

$$S_c = 143,67 \cdot 0,1033 = 14,84 \text{ ha}$$

Kde,  $S_c$  - redukovaná plocha povodí [ha];

$S$  - celková plocha povodí [ha];

$\Psi$  - střední součinitel odtoku.

**Průtok v závěrném profilu**

$$Q = \frac{I \cdot S_c}{1000}; \quad (3)$$

$$Q = \frac{157 \cdot 14,84}{1000} = 2,3299 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde,  $Q$  - průtok v závěrném profilu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

I - intenzita deště [ $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ];

S - redukovaná odvodňovaná plocha [ $\text{ha}$ ].

### Objemové množství uvažovaného N-letého deště

$$V = \frac{t \cdot 60 \cdot I \cdot S_c}{1000} \quad (4)$$

$$V = \frac{15 \cdot 60 \cdot 157 \cdot 14,84}{1000} = 2096 \text{ m}^3$$

Kde, V - objem uvažovaného typu srážek [ $\text{m}^3$ ];

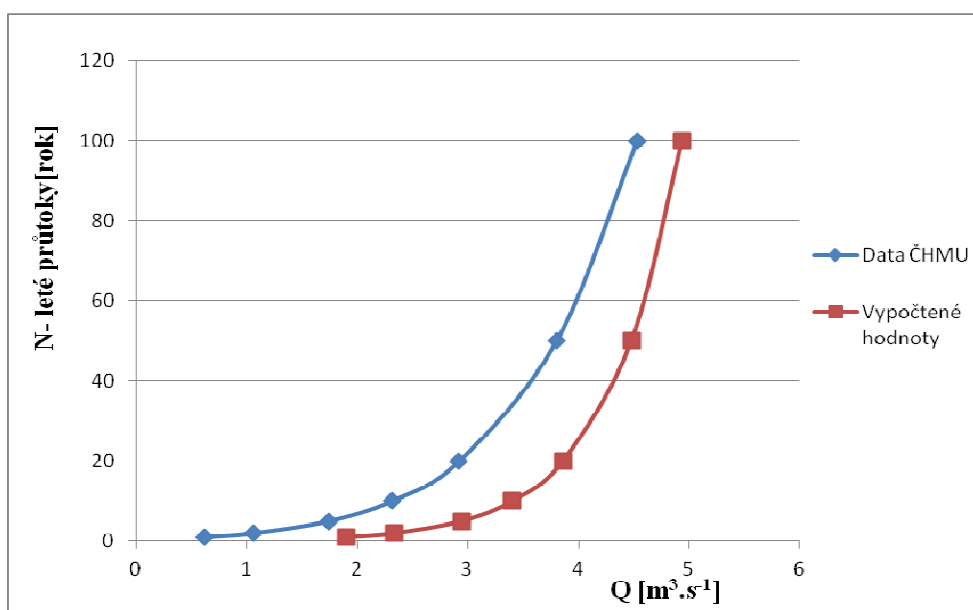
t - doba trvání deště [min];

I - intenzita deště při  $n = 0,5$  [ $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ];

$S_c$  - redukovaná plocha povodí [ $\text{ha}$ ].

Tabulka 8 - Objemy srážek spadlé na vybrané povodí

Děšť	Doba trvání [min]	Intenzita deště [ $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	Redukovaná odvodňovaná plocha [ha]	Q dešťové [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Objem srážek [ $\text{m}^3$ ]
1 letý	15	128	14,84	1,8995	1710
2 letý	15	157	14,84	2,3299	2097
5 letý	15	198	14,84	2,9383	2644
10 letý	15	229	14,84	3,3984	3059
20 letý	15	260	14,84	3,8584	3473
50 letý	15	302	14,84	4,4817	4034
100 letý	15	333	14,84	4,9417	4448



Obrázek 29 - Srovnání hydrologických údajů

Z grafu obr. 29 Srovnání hydrologických údajů je vidět, že výpočet je nepřesný, křivka vypočítaných hodnot má podobný průběh jako křivka Data ČHMÚ, ale je posunutá přibližně o  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Chyba pravděpodobně vznikla nepřesným měřením a použitím nepřesných součinitelů odtoku, jejichž hodnoty se v jednotlivých literaturách liší. Orientační výpočet je nepřesný a pro další výpočty byly použity přesné hodnoty, získané z ČHMÚ.

### 5.2.2. Kapacita koryta Výškovického potoku

Výpočet kapacity koryta byl stanoven z literatury Vodní stavitelství [40]

b - šířka dna koryta [m] = 0,40 m

m - příčný sklon ( 1: m); m= 2

h - výška hladiny vody v korytě [m]= 0,10 m

n - součinitel drsnosti koryta dle Manninga; n = 0,035 [41]

#### Průtočný průřez

$$S = (b + m \cdot h) \cdot h ; \quad (5)$$

$$S = (0,40 + 2 \cdot 0,10) \cdot 0,10 = 0,06 \text{ m}^2$$

#### Omočený obvod

$$O = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5} ; \quad (6)$$

$$O = 0,40 + 2 \cdot 0,10 \cdot (1 + 2^2)^{0,5} = 0,85 \text{ m}$$

#### Hydraulický poloměr

$$R = \frac{S}{O} ; \quad (7)$$

$$R = \frac{0,06}{0,85} = 0,07 \text{ m}$$

#### Ryhlostní součinitel

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} ; \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{0,035} \cdot 0,07^{\frac{1}{6}} = 18,38$$

#### Sklon koryta

$$I = \frac{\Delta h}{l} ; \quad (9)$$

$$I = \frac{236 - 231}{184} = 0,0272$$

Kde,  $\Delta h$  - výškový rozdíl na vtoku a výtoku koryta [m]

l - délka koryta [m]

### Rychlost proudění

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} ; \quad (10)$$

$$v = 18,38 \cdot \sqrt{0,07 \cdot 0,0272} = 0,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

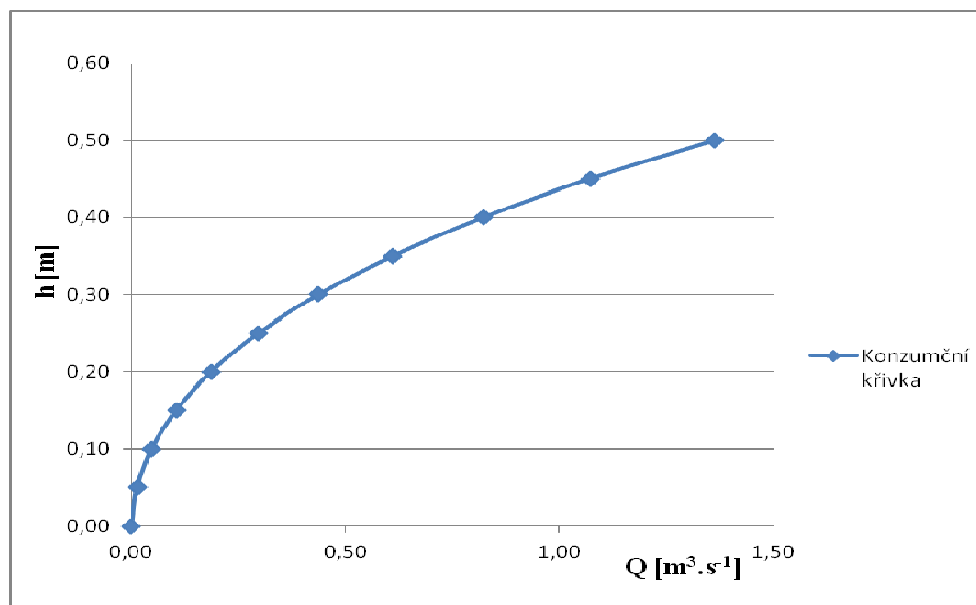
### Průtok

$$Q = S \cdot v ; \quad (11)$$

$$Q = 0,06 \cdot 0,81 = 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tabulka 9- Hodnoty průtoků a průtočných rychlostí pro různé výšky hladiny v korytě vodního toku

h [m]	S [m <sup>2</sup> ]	O [m]	R [m]	C [-]	v [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,03	0,62	0,04	16,71	0,55	0,01
0,10	0,06	0,85	0,07	18,38	0,81	0,05
0,15	0,11	1,07	0,10	19,40	1,00	0,11
0,20	0,16	1,29	0,12	20,17	1,17	0,19
0,25	0,23	1,52	0,15	20,78	1,32	0,30
0,30	0,30	1,74	0,17	21,31	1,46	0,44
0,35	0,39	1,97	0,20	21,77	1,59	0,61
0,40	0,48	2,19	0,22	22,19	1,71	0,82
0,45	0,59	2,41	0,24	22,56	1,83	1,07
0,50	0,70	2,64	0,27	22,91	1,95	1,36



Obrázek 30 - Konzumční křivka pro průtok korytem vodního toku

Při srovnání tabulky a grafu pro průtok korytem vodního toku a tabulky č.1 N-leté průtoky v zájmovém profilu Výškovického potoka je patrné, že koryto Výškovického potoka je schopné převést 2 - letou vodu ( $Q_2 = 1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

### 5.2.3. Charakteristiky nádrže

Charakteristiku nádrže vyjadřují tzv. batigrafické křivky vyjadřující tvar a velikost topografického útvaru tvořeného hrází, boky a dnem nádrže.

První křivka vyjadřuje závislost zatopené plochy na hloubce nadržení vody  $S = f(h)$ . Druhá křivka vyjadřuje závislost objemu vody v nádrži na hloubce, tedy  $V = f(h)$  [25].

#### 5.2.3.1. Vzorový výpočet objemu zátopy z plochy:

Ze situačního výkresu byly změřeny plochy odpovídající jednotlivým vrstevnicím a dle uvedeného vzorce byl proveden výpočet dílčích objemů mezi vrstevnicemi. Celkový objem nádrže je součet dílčích objemů.

$$V_i = 0,5 \cdot (S_i + S_{i+1}) \cdot \Delta h ; [21] \quad (12)$$

$$V_i = 0,5 \cdot (999,337 + 1994,113) \cdot 0,50 = 748,36 \text{ m}^3$$

Kde,  $V_i$  - dílčí objem mezi dvěma sousedními vrstevnicemi [ $\text{m}^3$ ];

$S_i, S_{i+1}$  - plochy omezené vrstevnicemi  $i$  a  $i+1$  [ $\text{m}^2$ ];

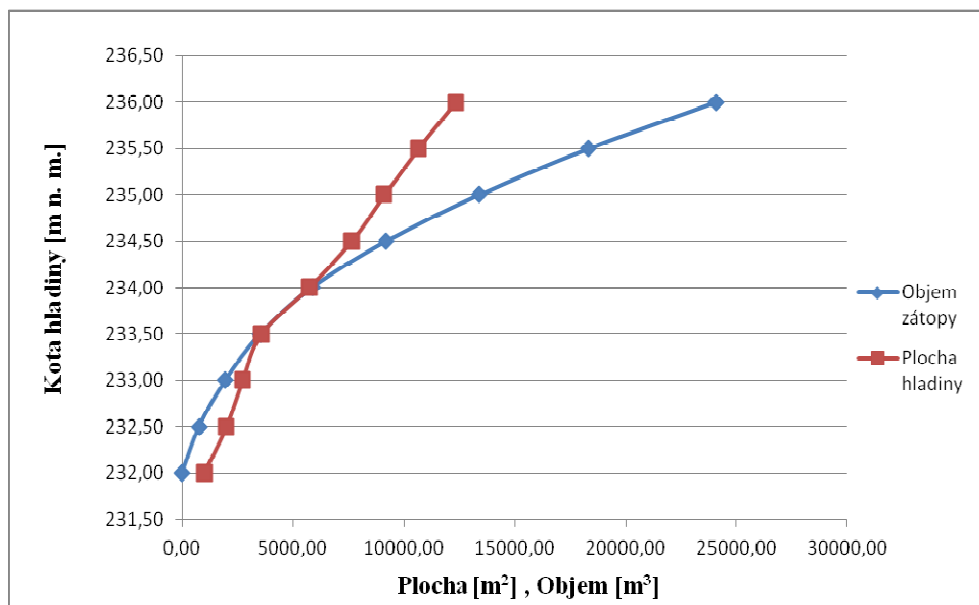
$\Delta h$  - výškový rozdíl mezi vrstevnicemi o kotách  $i$  a  $i+1$  [m].

$$\Sigma V = V_1 + \dots + V_n ; \quad (13)$$

$$\Sigma V = V_1 + \dots + V_n = 24076,68 \text{ m}^3$$

Tabulka 10 - Výpočet objemu zátopy

Kota hladiny [m n. m.]	$\Delta h$ [m]	Plocha [ $\text{m}^2$ ]	05 . ( $S_i + S_{i+1}$ ) [ $\text{m}^2$ ]	$V_i$ [ $\text{m}^3$ ]	$\Sigma V$ [ $\text{m}^3$ ]
232,00	0,00	999,337	-	-	0,00
232,50	0,50	1994,113	1496,73	748,36	771,43
233,00	0,50	2736,223	2365,17	1182,58	1954,01
233,50	0,50	3573,119	3154,67	1577,34	3531,35
234,00	0,50	5730,032	4651,58	2325,79	5857,14
234,50	0,50	7643,222	6686,63	3343,31	9200,45
235,00	0,50	9123,547	8383,38	4191,69	13392,14
235,50	0,50	10647,612	9885,57965	4942,79	18334,93
236,00	0,50	12319,393	11483,5025	5741,75	24076,68



Obrázek 31 - Batigrafické křivky nádrže

Z výpočtu transformace povodňové vlny bylo zjištěno, že potřebný objem nádrže pro akumulaci vody pro  $Q_{50}$  je  $18\,266\text{ m}^3$ , výška hráze by proto měla být navržena na výškové kotě  $236,50\text{ m n. m.}$

#### 5.2.4. Transformace povodňové vlny

K transformaci povodňové vlny je nutno vytvořit dostatečně velký retenční prostor nádrže. Podle vypočteného maximálního objemu nádrže byla pomocí batigrafických křivek určena výška koruny hráze. Průběh akumulace v nádrži je dán následujícím výpočtem.

##### 5.2.4.1. Výpočet transformace povodňové vlny pro $Q_{100}$

**Přítok do poldru  $Q_{100}$ :** údaje získané od ČHMÚ

**Odtok z poldru odpadním potrubím:** DN 800,  $Q_{\text{kap}}$  při sklonu  $10,60\text{ ‰}$  je  $1,279\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  [42]

**Objem vody z přítoku:**  $V_p = \text{přítok } Q_{100} \cdot 3600$  (14)

**Povodňová vlna  $\Sigma V_{\text{pov}}$ :** načítání objemů přitékající vody a předešlých hodnot povodňové vlny

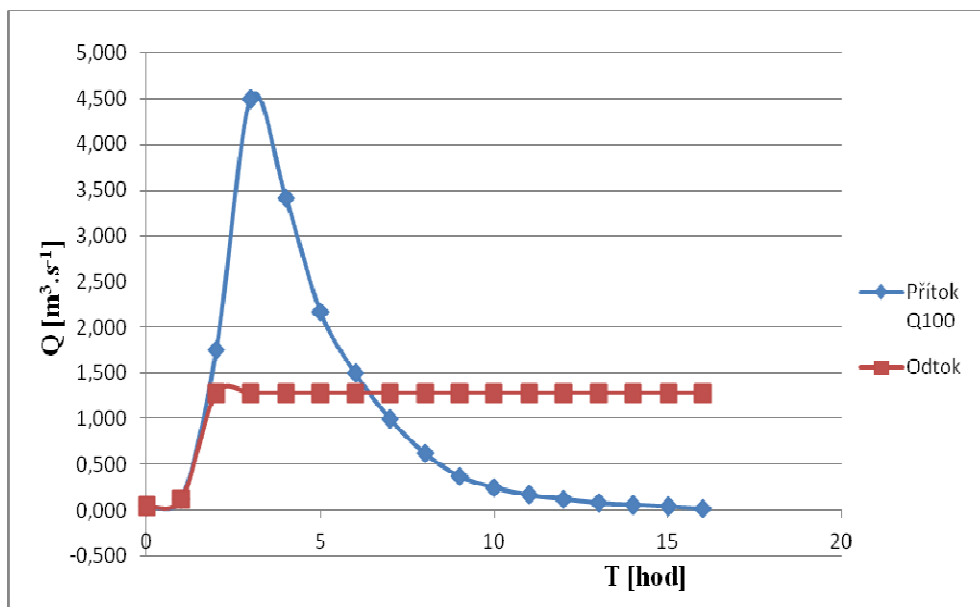
**Objem odtoku:**  $V_0 = \text{odtok} \cdot 3600$  (15)

**Součet odtoků  $\Sigma V_0$ :** načítání objemů odtékající vody a předešlých odtoků

**Velikost akumulace:**  $V_a = V_{\text{pvo}} - V_{\text{odt}}$  (16)

Tabulka 11 - Transformace povodňové vlny pro  $Q_{100}$ 

T [hod]	Přítok do poldru $Q_{100}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Odtok z poldru $Q_{kap}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Objem vody z přítoku $V_p$ [m <sup>3</sup> ]	Povodňová vlna $\Sigma V_{pov}$ [m <sup>3</sup> ]	Objem odtoku (DN 800) $V_0$ [m <sup>3</sup> ]	Součet odtoků $\Sigma V_0$ [m <sup>3</sup> ]	Velikost akumulace $V_a$ [m <sup>3</sup> ]
0	0,042	0,042	151	151	151	151	0
1	0,125	0,125	450	601	450	601	0
2	1,750	1,279	6300	6901	4604	5205	1695,6
3	4,500	1,279	16200	23101	4604	9810	13291,2
4	3,417	1,279	12301	35402	4604	14414	20988
5	2,167	1,279	7801	43203	4604	19019	24184,8
6	1,500	1,279	5400	48603	4604	23623	24980,4
7	1,000	1,279	3600	52203	4604	28227	23976
8	0,625	1,279	2250	54453	4604	32832	21621,6
9	0,375	1,279	1350	55803	4604	37436	18367,2
10	0,250	1,279	900	56703	4604	42041	14662,8
11	0,167	1,279	601	57305	4604	46645	10659,6
12	0,125	1,279	450	57755	4604	51249	6505,2
13	0,083	1,279	299	58053	4604	55854	2199,6
14	0,063	1,279	225	58278	4604	60458	-2179,8
15	0,042	1,279	151	58430	4604	65063	-6633
16	0,021	1,279	76	58505	4604	69667	-11161,8

Obrázek 32 - Transformace povodňové vlny pro  $Q_{100}$ 

Potřebná velikost retenčního prostoru nádrže pro zachycení povodňové vlny  $Q_{100}$  byla vypočtena na 24 980,40 m<sup>3</sup>. Z výpočtu objemu zátopy z plochy viz. tabulka č. 10 bylo zjištěno, že objem zátopy navržené nádrže je 18 334,93 m<sup>3</sup>. Navržená nádrž není schopná



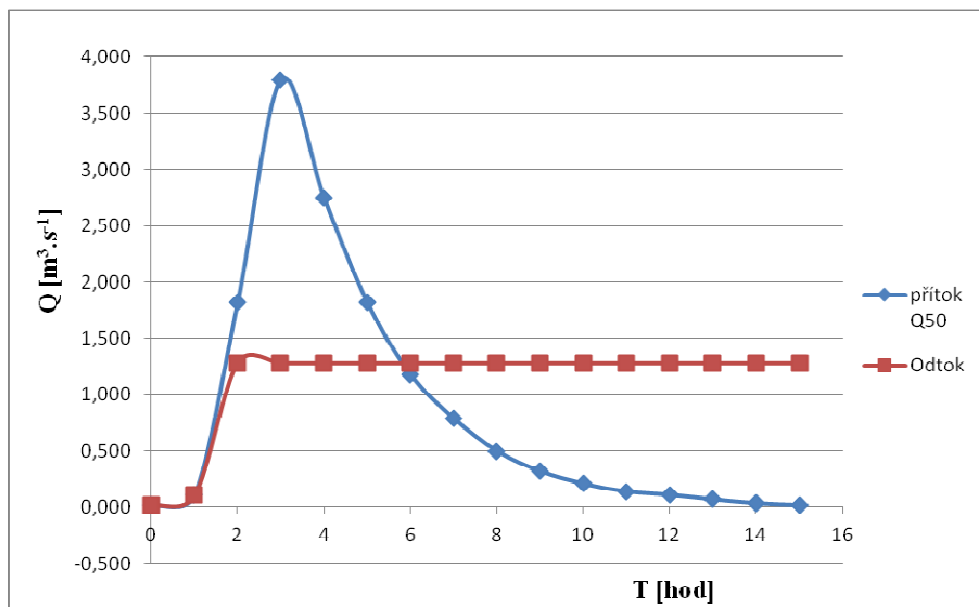
zachytit tento objem vody. Z tohoto důvodu je poldr dimenzován k zachycení padesátiletého průtoků.

#### 5.2.4.2. Výpočet transformace povodňové vlny pro $Q_{50}$

Postup výpočtu je schodný s předešlým výpočtem, pro výpočet transformace povodňové vlny pro  $Q_{100}$ .

Tabulka 12 - Transformace povodňové vlny pro  $Q_{50}$

T [hod]	Přítok do poldru $Q_{50}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Odtok z poldru $Q_{kap}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Objem vody z přítoku $V_p$ [m <sup>3</sup> ]	Povodňová vlna $\Sigma V_p$ [m <sup>3</sup> ]	Objem odtoku (DN 800) $V_0$ [m <sup>3</sup> ]	Součet odtoků $\Sigma V_0$ [m <sup>3</sup> ]	Velikost akumulace $V_a$ [m <sup>3</sup> ]
0	0,018	0,018	65	65	65	65	0
1	0,107	0,107	385	450	385	450	0
2	1,820	1,279	6552	7002	4604	5054	1948
3	3,800	1,279	13680	20682	4604	9659	11023
4	2,750	1,279	9900	30582	4604	14263	16319
5	1,820	1,279	6552	37134	4604	18868	18266
6	1,180	1,279	4248	41382	4604	23472	17910
7	0,790	1,279	2844	44226	4604	28076	16150
8	0,500	1,279	1800	46026	4604	32681	13345
9	0,320	1,279	1152	47178	4604	37285	9893
10	0,210	1,279	756	47934	4604	41890	6044
11	0,140	1,279	504	48438	4604	46494	1944
12	0,110	1,279	396	48834	4604	51098	-2264
13	0,070	1,279	252	49086	4604	55703	-6617
14	0,036	1,279	130	49216	4604	60307	-11092
15	0,018	1,279	65	49280	4604	64912	-15631



Obrázek 33 - Transformace povodňové vlny pro  $Q_{50}$

Z tabulky č. 12 je zřetelné, že pro návrhový průtok  $Q_{50}$  je potřebná velikost nádrže nutná pro akumulaci  $18\,266\text{ m}^3$  vody, doba plnění nádrže bude 5 hodin a doba prázdnění nádrže 12 hodin.

### 5.2.5. Návrh hráze

Hráz: zemní sypaná homogenní;

délka hráze: 114,98 m;

výška hráze: 4,63 m;

šířka koruny hráze: 3,5m;

sklon návodního svahu: 1:3;

sklon vzdušného svahu: 1:2.

Výškové umístění hráze pro  $Q_{50}$  bylo po předešlých výpočtech zvoleno na kotě 236,50 m n. m. Hráz je navržena jako přímá. Materiál hráze byl zvolen GM, se sklonem návodního svahu 1:3 a vzdušného svahu 1:2. Šířka koruny hráze je navržena na 3,5 m, což umožňuje občasný pojezd vozidel pro údržbu a provoz.

### 5.2.6. Materiál hráze

Materiálem hráze byl zvolen štěrk hlinitý (GM), který je vhodný ke stavbě homogenních hrází. Orientační půdně mechanické vlastnosti zhutněné zeminy jsou uvedeny v následující tabulce. Materiál bude sypaný po vrstvách mocných 0,2 m a jednotlivé vrstvy budou hutněny nejméně na 95% objemové hmotnosti sušiny.

Tabulka 13 - Orientační půdně mechanické vlastnosti zhutněných zemín [25]

Druh zeminy	Zdánlivá hustota v $\text{t.m}^{-3}$		Standartní Proctorova zkouška		Objemová hmotnost suché zeminy		Smyková pevnost		Filtrační součinitel $k$ v m/s
	částice < 4 mm	částice 4 mm	$d_{\max.}$ [ $\text{t.m}^3$ ]	$W_{\text{opt}}$ [%]	max. [ $\text{t.m}^{-3}$ ]	min. [ $\text{t.m}^{-3}$ ]	$c_{\text{ef}}$ [KPa]	$\Phi_{\text{ef}}$ [°]	
GM	2,73	2,43	> 1,8	< 20,5	2,06 až 2,16	1,7 až 1,76	5	34	$8 \cdot 10^{-5}$ až $8 \cdot 10^{-10}$

### 5.2.7. Založení hráze

Těleso hráze bude založeno na únosném, nepropustném podloží, v urovnané a zhutněné základové spáře. Základová spára se před zahájením výstavby řádně upraví, odstraní se stromy, keře, drnová vrstva, kořeny vegetace apod. Sejmutá humozní vrstva zeminy se použije na ohumusování povrchu tělesa hráze a zbyvajících část bude rozhrnuta po přilehlých pozemcích.

### 5.2.8. Návrh patního drénu

Patní dren se musí provést před zahájením sypaní hráze a je umístěn u paty vzdušného svahu hráze. Slouží k bezpečnému odvedení prosáklé vody hrází. Vlastní těleso patního drénu bude tvořeno lomovým kamenem a prosáknutá voda se bude odvádět

drenážní trubkou z PVC DN 200 mm. Drenážní potrubí bude umístěno v tělese patního drénu a vyústěno do koryta pod hrází.

### 5.2.9. Svahy nádrže

Dle obrázku č.22 byl navrhnut sklon návodního svahu 1:3 a sklon vzdušního svahu 1:2. Jelikož se jedná o suchou retenční nádrž, která se plní pouze za povodní a na krátkou dobu, je zde zvoleno opevnění návodního svahu travním porostem. Stejně opevnění je zvoleno i u vzdušního svahu. Travní porost bude zaset na 10 cm humozní vrstvě a bude vyžadovat pravidelnou údržbu ( kosení ) pro usnadnění kontroly hráze.

### 5.2.10. Bezpečnostní přeliv

K ochraně nádrže před účinky povodňových průtoků zde bude sloužit přímý bezpečnostní přeliv. Nevyžadující obsluhu při průchodu povodňové vlny.

Přelivná hrana BP je umístěna ve výšce 235,50 m n. m a délka přelivné hrany byla výpočtem stanovena na 6 m. Pokud kulminační přítok nepřekročí hodnotu  $Q_{50} = 3,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  nebo nedojde-li k poruše na výpustném zařízení, nebude nouzový přepad přes BP potřebný.

BP bude mít tvar lichoběžníku se sklonem ramen 1: 2. Materiál BP bude kamenná rovnánina kladena do šterkopískového lože. Dle výpočtu by měl BP zajistit převod  $Q_{50}$ , při výšce hladiny 0,50 m.

#### 5.2.10.1. Výpočet délky přelivné hrany BP

Délka přelivné hrany b se odvodí ze vzorce pro výpočet průtoku přes korunu přelivu [25].

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (17)$$

$$b = \frac{Q}{\sqrt{2g} \cdot m \cdot h^{\frac{3}{2}}} \quad (18)$$

$$b = \frac{3,8}{\sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 0,410 \cdot 0,5^{\frac{3}{2}}} = 5,92 \text{ m}$$

Kde, Q - návrhový kulminační průtok (  $Q_{50}$  ) [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];  $Q_{50} = 3,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;

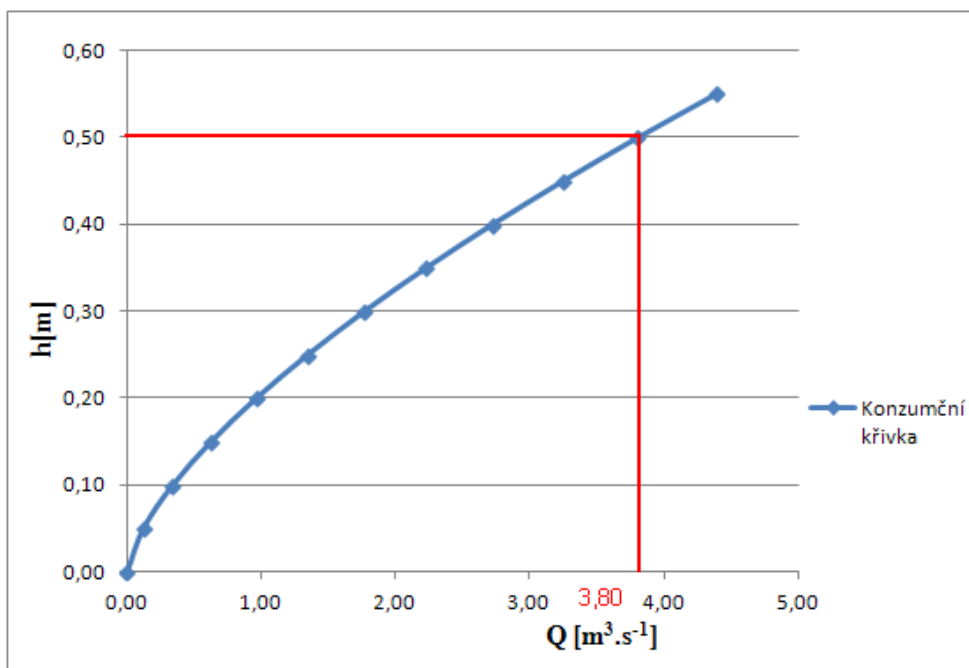
b - délka přelivné hrany [m];

h - výška přepadového paprsku při návrhovém průtoku [m]; h = 0,5 m;

m - součinitel přepadu, m = 0,410 [-].

Tabulka 14 - Závislost průtoku na výšce přepadového paprsku

h [m]	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
$Q[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	0,00	0,12	0,34	0,62	0,96	1,34	1,77	2,23	2,72	3,25	3,80	4,39



Obrázek 34 - Konzumční křivka přelivné hrany bezpečnostního přelivu

#### 5.2.10.2. Koryto navazující na bezpečnostní přeliv

Je navrženo lichoběžníkového tvaru o podélném sklonu 1,59 ‰ a délky 21,5133 m. Hloubka koryta je navržena na 1m, šířka dna koryta 1,5 m, sklony svahů 1:1. Koryto bude zpevněno kamennou rovnatinou  $n = 0,032$ .

Výpočet průtočné kapacity koryta připojeného k BP [40]:

Kde,  $b$  - šířka dna koryta [m] = 1,5m

$m$  - příčný sklon ( 1: m);  $m = 1$

$h$  - výška hladiny vody v korytě [m] = 0,50 m

$n$  - součinitel drsnosti koryta dle Manninga;  $n = 0,032$  [41]

#### Průtočný průřez

$$S = (b + m \cdot h) \cdot h ; \quad (19)$$

$$S = (1,5 + 1 \cdot 0,50) \cdot 0,50 = 1 \text{ m}^2$$

#### Omočený obvod

$$O = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5} ; \quad (20)$$

$$O = 1,5 + 2 \cdot 0,50 \cdot (1 + 1^2)^{0,5} = 2,91 \text{ m}$$

#### Hydraulický poloměr

$$R = \frac{S}{O} ; \quad (21)$$

$$R = \frac{1}{2,91} = 0,34 \text{ m}$$

#### Ryhlostní součinitel

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} ; \quad (22)$$

$$C = \frac{1}{0,032} \cdot 0,34^{\frac{1}{6}} = 26,15$$

**Sklon koryta**

$$I = \frac{\Delta h}{l} ; \quad (23)$$

$$I = \frac{231,74 - 231,40}{21,5133} = 0,0159$$

Kde,  $\Delta h$  - výškový rozdíl na vstupu a výstupu koryta [m]

$l$  - délka koryta [m]

**Rychlost proudění**

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} ; \quad (24)$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = 26,15 \cdot \sqrt{0,34 \cdot 0,0159} = 1,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

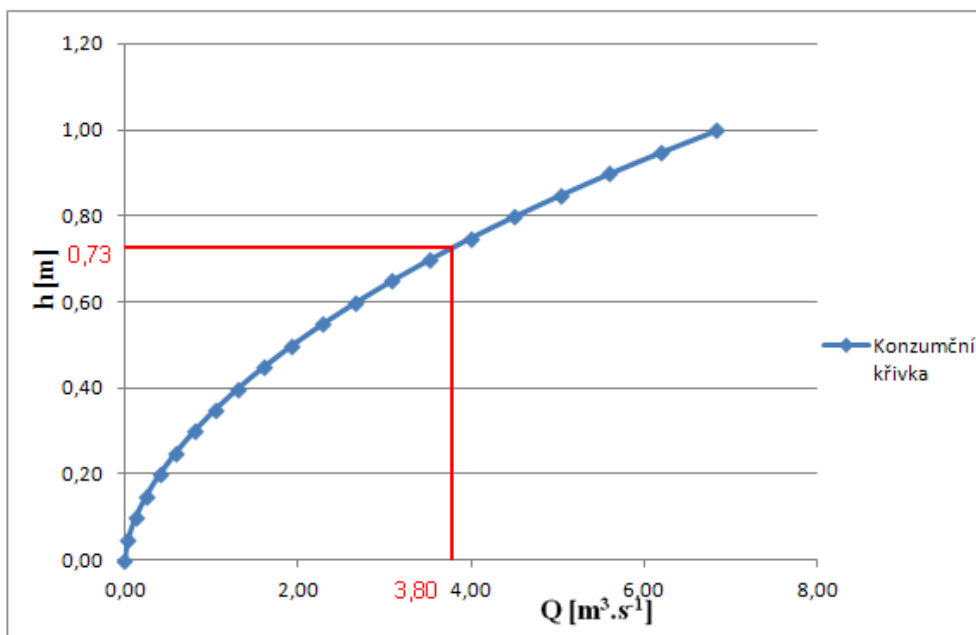
**Průtok**

$$Q = S \cdot v ; \quad (25)$$

$$Q = 1 \cdot 1,93 = 1,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tabulka 15 - Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny přípojného koryta

h [m]	S [m <sup>2</sup> ]	O [m]	R [m]	C [-]	v [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,08	1,64	0,05	18,79	0,51	0,04
0,10	0,16	1,78	0,09	20,91	0,79	0,13
0,15	0,25	1,92	0,13	22,20	1,00	0,25
0,20	0,34	2,07	0,16	23,13	1,18	0,40
0,25	0,44	2,21	0,20	23,86	1,34	0,59
0,30	0,54	2,35	0,23	24,46	1,48	0,80
0,35	0,65	2,49	0,26	24,97	1,61	1,04
0,40	0,76	2,63	0,29	25,41	1,72	1,31
0,45	0,88	2,77	0,32	25,80	1,83	1,61
0,50	1,00	2,91	0,34	26,15	1,93	1,93
0,55	1,13	3,06	0,37	26,47	2,03	2,29
0,60	1,26	3,20	0,39	26,76	2,12	2,67
0,65	1,40	3,34	0,42	27,03	2,21	3,08
0,70	1,54	3,48	0,44	27,28	2,29	3,52
0,75	1,69	3,62	0,47	27,52	2,37	4,00
0,80	1,84	3,76	0,49	27,74	2,45	4,50
0,85	2,00	3,90	0,51	27,95	2,52	5,04
0,90	2,16	4,05	0,53	28,15	2,59	5,60
0,95	2,33	4,19	0,56	28,34	2,66	6,20
1,00	2,50	4,33	0,58	28,52	2,73	6,83



Obrázek 35 - Konzumční křivka přípojného koryta

Z tabulky vypočtených hodnot i grafu je zřejmé, že připojené koryto BP je schopno převést padesátiletý průtok ( $3,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) při výšce hladiny asi 0,73 m.

#### 5.2.11. Výpustné zařízení

Odpadní potrubí navržené hráze bude betonové s kruhovým profilem DN 800. Bude uloženo na betonovou podkladovou desku tl. 20 cm, v nejnižším místě nádrže kolmo na korunu hráze. Použité potrubí bude dlouhé 26,701 m a uloženo ve sklonu 10,60 ‰. Na vzdušné straně hráze bude zakončeno vývarem, sloužící na tlumení kinetické energie vytékající vody. Kapacitní průtok potrubí je stanoven  $Q_{\text{kap}} = 1,279 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a rychlost proudění  $v = 2,544 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [35]. Potrubí bude chráněno obetonováním.

Uzávěr potrubí bude osazen na návodní straně hráze, poněvadž uzávěr na vzdušné straně hráze by neumožňoval beztlakový režim v odpadním potrubí. Potrubí bude opatřeno jedním uzávěrem.

Uzávěr bude tvořit kombinovaný betonový požerák skříňové konstrukce s dlužemi zasouvajícími do ocelových drážek, upevněných na vnitřní straně šachty požeráku a vřetenovým šoupátkem. Šachta bude stejně vysoká jako koruna hráze. Konstrukce bude založena na betonové základové desce tl. 60 cm. Pružnost napojení požeráku s betonovým potrubím se docílí oddělením obou částí dilatační spárou. Těsnění dilatační spáry bude zajištěno pruhem gumy.

##### 5.2.11.1. Výpočet pro beztlakové proudění v potrubí

Výpočet byl stanoven na základě literatury [40].

**Plocha průtočného profilu**

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4}; \quad (26)$$

$$S = 3,14 \cdot \frac{0,8^2}{4} = 0,503\text{m}^2$$

Kde, S - průtočná plocha [m<sup>2</sup>];  
d - vnitřní průměr potrubí [m].

#### Hydraulický poloměr

$$R = \frac{S}{O} = \frac{\pi \cdot \frac{d^2}{4}}{\pi \cdot d}; \quad (27)$$

$$R = \frac{3,14 \cdot \frac{0,8^2}{4}}{3,14 \cdot 0,8} = 0,2\text{m}$$

Kde, R - hydraulický poloměr [m];  
O - omočený obvod [m].

#### Rychlostní součinitel

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^p; \quad (28)$$

$$C = \frac{1}{0,014} \cdot 0,2^{0,160} = 55,21\text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet P podle Pavlovského:

$$P = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R \cdot (\sqrt{n} - 0,1)}; \quad (29)$$

$$P = 2,5 \cdot \sqrt{0,014} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{0,2 \cdot (\sqrt{0,014} - 0,1)} = 0,160$$

Kde, C - rychlostní součinitel [m<sup>0,5</sup>·s<sup>-1</sup>];  
n - součinitel drsnosti betonového potrubí.

#### Střední průtoková rychlost

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}; \quad (30)$$

$$v = 55,21 \cdot \sqrt{0,2 \cdot 0,0106} = 2,54\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde, v - střední průtoková rychlost [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>];  
I - sklon uložení potrubí v promilách násobený 10<sup>-3</sup>.

#### Průtok při beztlakovém proudění

$$Q = S \cdot v; \quad (31)$$

$$Q = 0,503 \cdot 2,54 = 1,277\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tabelované hodnoty pro potrubí DN800 se sklonem 10,60‰ jsou totožné s výsledky vypočtených hodnot.

#### 5.2.12. Výpočet kapacity stávajícího koryta Výškovického potoka od spodní výpusti

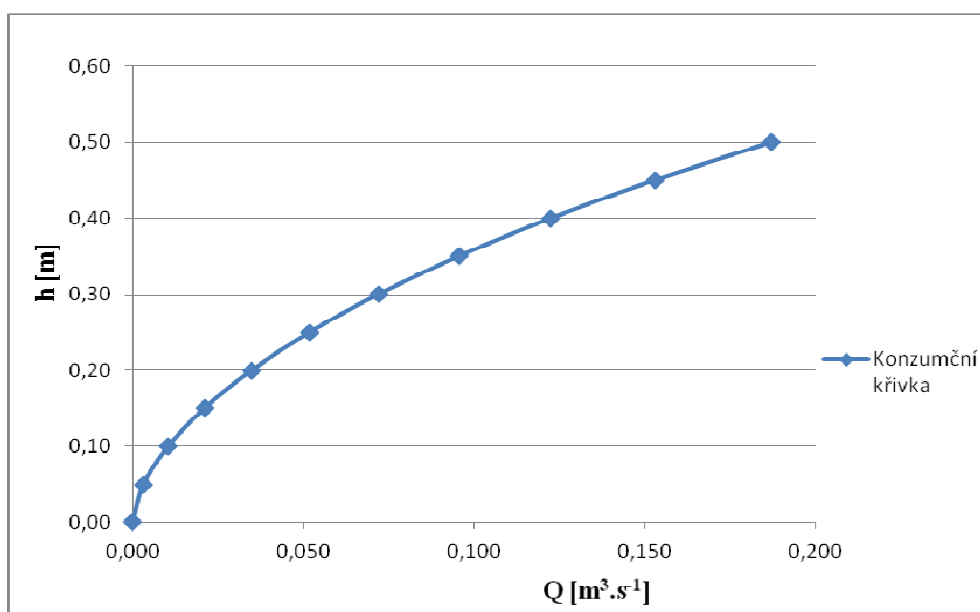
Stávající koryto má tvar lichoběžníku o podélném sklonu 0,0561%, délky 160,5295 m. Hloubka koryta 0,50 m, šířka dna 1,60 m, sklony svahu 1:2. Koryto je neudržované s plevelnou trávou s řídkými křovinami n = 0,080.



Výškovický potok je následně zatrubněn o délce 51,70 m, zatrubněná část DN 1200 a DN 1000. Výpočet je schodný s výpočtem průtočné kapacity koryta připojeného k BP [40].

Tabulka 16 - Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny stávajícího koryta od spodní výpusti

h [m]	Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0,00	0,000
0,05	0,003
0,10	0,011
0,15	0,021
0,20	0,035
0,25	0,052
0,30	0,072
0,35	0,096
0,40	0,123
0,45	0,153
0,50	0,187



Obrázek 36 - Konzumní křivka stávajícího koryta od spodní výpusti

Z výpočtu a grafu je zřejmé, že stávající koryto Výškovického potoka za hrází, není schopné převést průtok výpustního potrubí  $Q_{\text{kap}} = 1,279 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ani součet průtoků vody přicházející z přípojného koryta BP a odpadního potrubí při padesátileté vodě ( $Q = Q_{\text{BP}} + Q_{\text{OP}} = 3,8 + 1,279 = 5,079 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

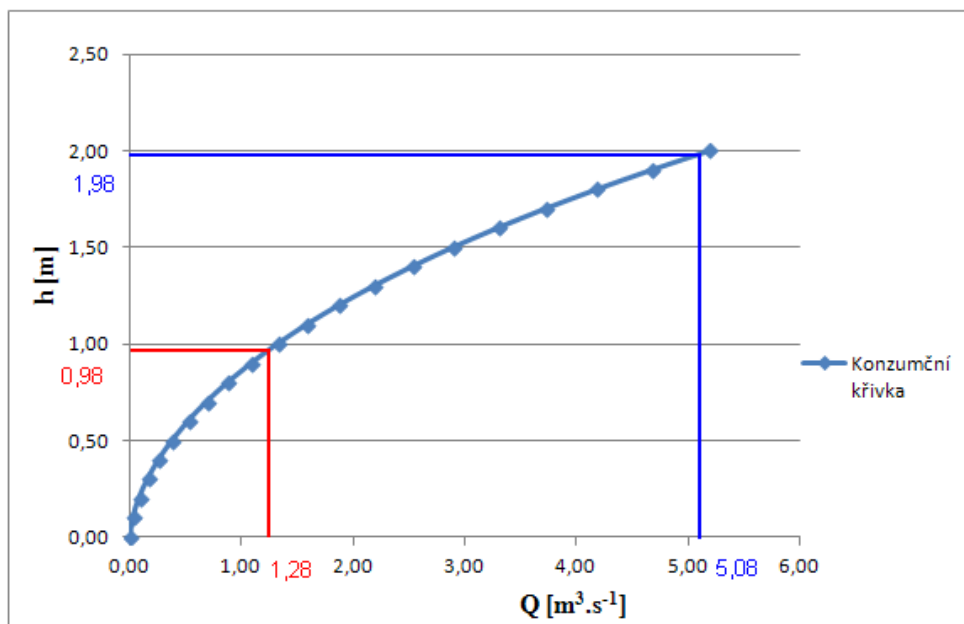
Z tohoto důvodu bude stávající koryto upraveno tak, aby bylo schopné převést kapacitní průtok odpadního potrubí při padesátileté vodě, ale i součet průtoků vody přicházející z přípojného koryta BP a odpadního potrubí. Upravené koryto bude napojeno na zatrubněnou část stejným způsobem jako koryto stávající.

**5.2.13. Výpočet kapacity upraveného koryta toku od spodní výpusti**

Upravené koryto bude mít tvar lichoběžníku o podélném sklonu 0,0537 % , délky 149,0253 m. Hloubka koryta bude 2 m , šířka dna 1,60 m, sklony svahů 1:1. Koryto bude zpevněno kamennou rovnatinou  $n = 0,032$ . Princip výpočtu je schodný z předešlým výpočtem.

*Tabulka 17 - Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny koryta od spodní výpusti*

h [m]	S [m <sup>2</sup> ]	O [m]	R [m]	C [-]	v [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,17	1,88	0,09	20,93	0,15	0,02
0,20	0,36	2,17	0,17	23,17	0,22	0,08
0,30	0,57	2,45	0,23	24,51	0,27	0,16
0,40	0,80	2,73	0,29	25,47	0,32	0,26
0,50	1,05	3,01	0,35	26,21	0,36	0,38
0,60	1,32	3,30	0,40	26,83	0,39	0,52
0,70	1,61	3,58	0,45	27,35	0,43	0,68
0,80	1,92	3,86	0,50	27,81	0,45	0,87
0,90	2,25	4,15	0,54	28,22	0,48	1,08
1,00	2,60	4,43	0,59	28,60	0,51	1,32
1,10	2,97	4,71	0,63	28,94	0,53	1,58
1,20	3,36	4,99	0,67	29,25	0,56	1,87
1,30	3,77	5,28	0,71	29,55	0,58	2,18
1,40	4,20	5,56	0,76	29,82	0,60	2,52
1,50	4,65	5,84	0,80	30,08	0,62	2,89
1,60	5,12	6,13	0,84	30,33	0,64	3,29
1,70	5,61	6,41	0,88	30,56	0,66	3,72
1,80	6,12	6,69	0,91	30,79	0,68	4,18
1,90	6,65	6,97	0,95	31,00	0,70	4,67
2,00	7,20	7,26	0,99	31,21	0,72	5,19



Obrázek 37 - Konzumní křivka upraveného koryta od spodní výpusti

Z grafu a vypočtených hodnot je patrné, že průtok potrubí  $Q_{\text{kap}} = 1,279 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , je koryto schopno převést při výšce hladiny 0,98 m.

Z provedených výpočtů bylo zjištěno, že společný průtok vody přicházející do přípojného koryta z BP a odpadního potrubí při padesátileté vodě bude odváděn při výšce hladiny  $h = 1,98 \text{ m}$  ( $Q_{\text{cel.}} = Q_{\text{BP}} + Q_{\text{OP}} = 3,8 + 1,279 = 5,079 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

#### 5.2.14. Napojení na zatrubněnou část Výškovického potoka

Upravené koryto od spodní výpusti je navrženo tak, že je schopno převést společný průtok vody z přípojného koryta BP a odpadního potrubí při padesátileté vodě ( $Q_{\text{cel.}} = 5,079 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a bude napojeno na zatrubněnou část toku.

Zatrubněná část se skládá z potrubí DN 1200 a DN 1000, o délce 51,70 m, a sklonu 10 ‰.

Z hydraulických tabulek pro navrhování kapacitních průtoků betonových, kruhových a vejčitých trub, byl zjištěn kapacitní průtok pro potrubí DN 1200 ( $Q_k = 3,657 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a pro DN 1000 ( $Q_k = 2,250 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) [43]. Součet těchto kapacitních průtoků ( $Q_k$  pro potrubí DN 1200 a  $Q_k$  pro potrubí DN 1000)  $Q_{\text{cel.}} = 5,907 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Z porovnáním kapacitních průtoků upraveného koryta a zatrubněné části toku vyplývá, že zatrubněná část toku je schopná převést průtok vody z upraveného koryta od odpadního potrubí při padesátileté vodě.

## 6. Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem protipovodňového opatření na Výškovickém potoce v Ostravě v Bělském lese. Jako ochranné opatření byla navržena výstavba retenční nádrže, která spojuje ulici Staňková a ulici K Jezeru a je schopná zachytit průtok  $Q_{50}$ .

Podklady pro vypracování návrhu retenční nádrže byla hydrologická data poskytnutá ČHMÚ a situační výkres zájmového území poskytnutý od ČÚZK. Návrh retenční nádrže je řešen dle technických a legislativních požadavků ( viz kap. 4 ), tato kapitola se zabývá, také vysvětlením pojmu povodeň, povodňová vlna, protipovodňová opatření a řešení protipovodňového opatření v zahraničí.

Z možných variant řešení protipovodňového opatření ( viz kap. 5 ), byla vybrána varianta zaobírající se návrhem nové hráze, v případě že bych stará hráz neexistovala. Tato varianta řešení byla podrobně rozpracována a podložena hydrotechnickými výpočty a výkresovou dokumentací. Výkresová dokumentace je tvořena z výkresů situace, podélného profilu nádrže, podélného profilu hráze, vzorového příčného řezu hrází a řezu a půdorysu funkčního objektu ( viz příloha ).

Hráz nádrže je navržena jako zemní sypaná homogenní. Délka hráze bude 114,98 m, se sklonem 1:3 u návodního svahu a sklonem 1:2 u vzdušného svahu hráze. Koruna hráze bude mít šířku 3,5 m a výšku 4,63 m, materiálem pro výstavbu byl zvolen štěrk hlinitý, který je vhodný pro stavbu homogenních hrází.

Z hydrotechnických výpočtů bylo zjištěno, že celkový objem navržené nádrže při kotě 236,00 m n. m je 24076,68 m<sup>3</sup>. Transformace povodňové vlny byla vypočtena pro  $Q_{100}$  a  $Q_{50}$ , pro  $Q_{100}$  bylo zjištěno, že potřebná velikost pro akumulaci by byla 24980,40 m<sup>3</sup> a pro  $Q_{50}$  18266 m<sup>3</sup>. Nádrž proto byla dimenzována na  $Q_{50}$  a výška hráze byla navržena na výškové kotě 236,50 m n. m.

Nádrž bude vybavena výpustným zařízením a bezpečnostním přelivem. Odpadní potrubí hráze bude betonové s kruhovým profilem DN 800 o délce 26,701 m a uložené ve sklonu 10,60 ‰, kapacitní průtok potrubí  $Q_{kap} = 1,279 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Potrubí bude opatřeno jedním uzávěrem a tím bude kombinovaný požerák s dlužovou stěnou a vřetenovým šoupátkem. Bezpečnostní přeliv je navržen jako přímý, přelivná hrana BP bude umístěna ve výšce 235,50 m n. m a délka přelivné hrany byla výpočtem stanovena na 6 m. Byl zde proveden výpočet délky přelivné hrany a výpočet navazujícího koryta na BP.

Výpočtem bylo zjištěno, že původní koryto od spodní výpusti není schopné převést průtok výpustního potrubí, ani součet průtoků vody přicházející z přípojného koryta BP a odpadního potrubí, při padesátileté vodě. Z toho důvodu byla navržena úprava stávajícího koryta, tak aby byla schopná tyto průtoky bezpečně převést. Upravené koryto bude napojeno na zatruběnou část Výškovického potoka, která se skládá z potrubí DN 1200 a DN 1000.

## Seznam použité literatury

1. MUNZAR, J. a ONDRÁČEK, S. Paradoxy přírodních katastrof. Vesmír. 2002, č. 7, str. 370. Dostupný z WWW: < <http://www.vesmir.cz/clanek/paradoxy-prirodnich-katastrof>>. ISSN 1214-4029
2. VAŠKŮ, Z. Bleskové povodně: Hrozba krátkodobých srážek velké intenzity. Vesmír. 2009, č. 10, str. 618-622. Dostupné z WWW: < <http://www.vesmir.cz/clanek/bleskove-povodne>>. ISSN 1214-4029
3. Úřad městského obvodu Ostrava - Jih [online], 2012 [cit. 2013-12-2]. Základní informace o městském ovodu Ostrava - Jih. Dostupné z WWW: <<http://www.ovajih.cz/cs/o-jihu/zakladni-udaje>>.
4. Úřad městského obvodu Stará Bělá [online], 2011 [cit. 2013-12-2]. Základní popis obce Stará Bělá. Dostupné z WWW: <<https://starabela.ostrava.cz/cs/o-stare-bele/zakladni-udaje>>.
5. Topograf s.r.o. [online], 2006 [cit. 2013-12-4]. Správní mapa - Moravskoslezský kraj. Dostupné z WWW: <<http://spravnimapa.topograf.cz/84367/moravskoslezsky-kraj>>.
6. Úřad městského obvodu Ostrava-Jih [online], 2013 [cit. 2013-12-4]. Výstavba studní v Bělském lese. Dostupné z WWW: <<http://www.ovajih.cz/cs/o-jihu/zajimavosti/vystavba-studni-v-belskem-lese>>.
7. Turistika.cz s.r.o. [online], 2007-2014 [cit. 2013-12-4]. Bělský les v Ostravě. Dostupné z WWW: <<http://www.turistika.cz/mista/belsky-les-v-ostrave>>.
8. Magistrát města Ostravy [online], 2013 [cit. 2013-12-4]. Městské obvody. Dostupné z WWW: <<http://www.ostrava.cz/cs/o-meste/mestske-obvody>>.
9. Ovocnářská unie České republiky [online], 2004 - 2014 [cit. 2013-12-4]. Klimatické regiony ČR (dle Quitt, 1971). Dostupné z WWW: <<http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-map>>.
10. *Základní vodohospodářská mapa* [online], 2012 [cit. 2013-12-4]. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. Dostupné z WWW: <<http://heis.vuv.cz/>>.
11. Hydrologická data ČHMÚ
12. TRUPL, J.: Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958, 76 s.
13. *Česká geologická služba* [online], 2012 [cit. 2013-12-6]. Půdní mapa 1 : 50 000. Dostupné z WWW: <<http://mapy.geology.cz/pudy/>>.

14. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem*, Taxonomický klasifikační systém půd ČR, Půdní typy, subtypy, variety 12str.
15. Kubík L., Sánka M.: *Reprezentativní půdní typy a jejich charakteristika pro území jižních a západních Čech - výsledky projektu Rizikové látky v půdě ve vztahu k životnímu prostředí- přeshraniční základy ochrany půdy ( Bavorsko - Česká republika )* , Mezinárodní project realizovaný v rámci program Iniciativy Evropských společenství INTERREG IIA; registrační číslo projektu CZ.04.4.82/3.1.00.1/0060 , 96s.
16. *Zeměpis.com* [online], 2012-2014 [cit. 2013-12-6]. Klasifikace půd. Dostupné z WWW: <<http://www.zemepis.com/klaspud.php>>.
17. *Vodní hospodářství a ochrana vod mapa* [online], 2012 [cit. 2013-12-4]. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. Dostupné z WWW: <<http://heis.vuv.cz/>>.
18. *Mapy. Cz* [online], 2014 [cit. 2013-12-30]. Internetový mapový server. Dostupné z WWW: <<http://www.mapy.cz/>>.
19. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů ( vodní zákon )
20. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu ( stavební zákon )
21. Přespis č. 114/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny
22. Předpis č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
23. ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
24. VRÁNA, K., BERAN, J.: *Rybníky a účelové nádrže*, Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1998, 150 s. ISBN 80-01-01713-3
25. VÁCLAVÍK, V.: *Účelové vodohospodářské nádrže*, Vyd. 1. Ostrava: VŠB-TUO, 2007, 127 s. ISBN 978-80-248-1336-3
26. BROŽA, V., SATRAPA, L.: *Hydrotechnické stavby 10*, Vyd. 2. Praha: ČVUT, 1997, 170 s. ISBN 80-01-01581-5
27. *Tiruvannamalai District* [online], 2013 [cit. 2013-12-27]. SATHANUR DAM VIEW. Dostupné z WWW: <<http://tiruvannamalai.nic.in/dam.html#TOP>>.
28. *The Guardian world news* [online], 2011 [cit. 2013-12-28]. China warns of urgent problems facing Three Gorges dam. Dostupné z WWW: <<http://www.guardian.co.uk/world/2011/may/20/three-gorges-dam-china-warning>>.
29. KOVÁŘ, M.: *Ochrana před povodněmi*, 1. Vyd., nakladatelství TRITON, s.r.o., 2004, 100 s. , ISBN 80-7254-499-3

30. ZEVENBERGEN, C., CASHMAN, A., EVELPIDOU, N., PASCHE, E., GARVIN, S., ASHLEY, R.: *Urban flood management*. 1st ed. Leiden, Netherlands: CRC Press/Balkema, 2010, 340s., ISBN 978-0-415-55944-7
31. POKORNÝ, J.: *Vodní hospodářství, stavby v rybářství, nakladatelství INFORMATORIUM, spol. s.r.o., 2009, 318 s., ISBN 978-80-7333-071-2*
32. *Velká voda u nás* [online], 2010 [cit. 2013-12-29]. Říční povodně. Dostupné z WWW: <<http://www.velkawoda.unas.cz/charakteristika.htm>>.
33. SLAVÍKOVÁ, L.: *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*, Vyd. 1. Praha: IREAS, 2007, 82 s. ISBN 978-80-86684-48-2
34. VÁŇOVÁ V., NOVOTNÝ, I.: *Jak mírnit povodňové vlny? Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy*. [online]; 2012, [cit.2013-12-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.edpp.cz/aktualita/jak-mirnit-povodnove-vlny/>>.
35. KLIJN, F. ; ASSELMAN, N. ; VAN DER MOST, H. ; *Compartmentalisation: flood consequence reduction by splitting up large polder areas*, *Journal of flood risk management*; [online]. [cit. 2013-12-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/>>. ISSN: 1753-318X
36. PRZYBYLA, C.; BYKOWSKI, J.; MROZIK, K.; NAPIERALA, M.; *The Role of Zagorow Polder in Flood Protection; Environmental Sciences & Ecology*; [online]. [cit. 2013-12-29]. Dostupné z WWW: < [www.webofscience.com/](http://www.webofscience.com/)>. ISSN; 1506-218X
37. ČERNÁ J.: *Dunaj v Budapešti překonal rekord, Němci evakuují*. Aktuálně.cz [online], 2013 [cit. 2013-12-28]. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.aktualne.cz/zahranici/dunaj-v-budapesti-prekonat-rekord-nemci-evakuuji/r~i:article:782028/>>.
38. ČSN 75 6101 stokové sítě a kanalizační přípojky
39. HASÍK, O.: *Stavby vodovodů a kanalizací*, VŠB - TU Ostrava, 2009, ISBN 978-80-248-1984-6
40. HASÍK, O., DOSTÁLOVÁ, J.: *Vodní stavitelství*, VŠB-TU Ostrava, 2002, ISBN 80-248-0078-0
41. SMELÍK L.: *Katalog drsností*, [online]. [cit. 2013-12-29]. Dostupné z WWW: <<https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/e-learning>>.
42. *Prefa.cz* [online], 2013 [cit. 2014-1-26]. Hydraulické tabulky pro navrhování kapacitních průtoků betonových kruhových a vejčitých trub. Dostupné z WWW: <[prefa.cz/sites/prefa.cz/files/tech\\_prefa\\_brno\\_hydraulické\\_tabulky\\_web.pdf](http://prefa.cz/sites/prefa.cz/files/tech_prefa_brno_hydraulické_tabulky_web.pdf)>.



## Seznam obrázků

Obr. 1	Mapa Moravskoslezského kraje.....	2
Obr. 2	Městské obvody - Ostrava.....	3
Obr. 3	Klimatické regiony České republiky.....	4
Obr. 4	Výřez z vodohospodářské mapy, Výškovický potok.....	4
Obr. 5	Půdní mapa.....	5
Obr. 6	Zájmová oblast, znázornění ochranných nádrží.....	6
Obr. 7	Hráz retenční nádrže č. 1.....	7
Obr. 8	Hráz první retenční nádrže.....	8
Obr. 9	Požerák první retenční nádrže.....	8
Obr. 10	Odpadní potrubí výpustného zařízení první retenční nádrže.....	8
Obr. 11	Hráz retenční nádrže č.2.....	9
Obr. 12	Hráz druhé retenční nádrže.....	9
Obr. 13	Požerák druhé retenční nádrže.....	10
Obr. 14	Výpustný objekt.....	10
Obr. 15	Hráz retenční nádrže č.3.....	10
Obr. 16	Hráz třetí retenční nádrže.....	11
Obr. 17	Požerák třetí retenční nádrže.....	11
Obr. 18	Půdorysný tvar hrází a) čelní přímá, b) čelní vypouklá, c) čelní vydutá, d) čelní lomená, e) nepravidelná.....	17
Obr. 19	Schéma homogenní hráže, 1-opevnění, 2- patní drén.....	17
Obr. 20	Schéma nehomogenní hráže: 1- opevnění, 2- injekční clona, 3- betonová vyrovnávací vrstva.....	18
Obr. 21	Mezní čáry zrnitosti zemin.....	20
Obr. 22	Orientační sklony svahů zemních hrází.....	22
Obr. 23	Homogenní zemní hráz - příčný řez.....	22
Obr. 24	Zemní hráz se zemním těsněním.....	23
Obr. 25	Sathanurova přehrada.....	25
Obr. 26	Výpustná zařízení na hrázi Tři soutěsky v provincii Chu- pej, Čína.....	26
Obr. 27	Grafické znázornění průběhu povodňové vlny.....	27
Obr. 28	Osada nedaleko německého Deggendorfu na jihu země v době kulminace.....	29
Obr. 29	Srovnání hydrologických údajů.....	32

Obr. 30 Konzumční křivka pro průtok korytem vodního toku.....	34
Obr. 31 Batigrafické křivky nádrže.....	36
Obr. 32 Transformace povodňové vlny pro $Q_{100}$ .....	37
Obr. 33 Transformace povodňové vlny pro $Q_{50}$ .....	38
Obr. 34 Konzumční křivka přelivné hrany bezpečnostního přelivu.....	41
Obr. 35 Konzumční křivka přípojného koryta.....	43
Obr. 36 Konzumční křivka stávajícího koryta od spodní výpusti.....	45
Obr. 37 Konzumční křivka upraveného koryta od spodní výpusti.....	47

## Seznam tabulek

Tab. 1 N-leté průtoky v zájmovém profilu Výškovického potoka.....	4
Tab. 2 Intenzity dešťů pro Ostravu.....	5
Tab. 3 Zatřídění zemin- Klasifikace štěrkových zemin.....	18
Tab. 4 Zatřídění zemin - Klasifikace písčitých zemin.....	19
Tab. 5 Zatřídění zemin - Klasifikace jemnozrnných zemin.....	19
Tab. 6 Vhodnost zemin pro různé zony hutnění hrází.....	20
Tab. 7 Součinitelé odtoku pro dané povrchy a sklony terénu.....	31
Tab. 8 Objemy srážek spadlé na vybrané povodí.....	32
Tab. 9 Hodnoty průtoků a průtočných rychlostí pro různé výšky hladiny v korytě vodního toku.....	34
Tab. 10 Výpočet objemu zátopy.....	35
Tab. 11 Transformace povodňové vlny pro $Q_{100}$ .....	37
Tab. 12 Transformace povodňové vlny pro $Q_{50}$ .....	38
Tab. 13 Orientační půdně mechanické vlastnosti zhutněných zemin.....	39
Tab. 14 Závislost průtoků na výšce přepadového paprsku.....	40
Tab. 15 Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny přípojného koryta.....	42
Tab. 16 Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny stávajícího koryta od spodní výpusti.....	45
Tab. 17 Hodnoty průtoků pro různé výšky hladiny koryta od spodní výpusti.....	46

## Seznam příloh

Příloha č. 1	Situace
Příloha č. 2	Podélný profil hráze
Příloha č. 3	Podélný profil nádrže ( řez B-B' )
Příloha č. 4	Příčný řez tělesem hráze ( řez C-C' )
Příloha č. 5	Řez a půdorys funkčního objektu ( řez D-D' )